

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA,  
METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA**

**E. A. P. INGENIERIA GEOLÓGICA**

**Nuevo estilo estructural y probables sistemas  
petroleros de la cuenca Lancones**

**TESIS**

**para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo**

**AUTOR**

**Kevin Adán Andamayo Yaya**

**Lima-Perú**

**2008**

**ASESOR DE TESIS:**

Ing. Luis Reyes Rivera

**JURADOS DE TESIS:**

Ing. Edwin Mendiolaza Basaldúa (Presidente)

Ing. Javier Jacay Huarache

Ing. Luis Reyes Rivera

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis mas sinceros agradecimientos al Dr. Patrice Baby, investigador del IRD (Institut de Recherche pour le Développement) por sus enseñanzas, asesoramiento y amistad.

A los Grupos Funcionales de Banco de Datos y Evaluación Geológica y Geofísica que pertenecen a la Gerencia de Exploración de PERUPETRO representada por el Ing. Rolando Bolaños por brindarme todo el apoyo necesario para la realización del presente trabajo.

A mis ex–profesores de la EAP de Ingeniería Geológica, en especial al Ing. Javier Jacay y al Ing. Luis Reyes por compartir sus conocimientos, apoyo constante y determinación en ayudar al desarrollo de futuros profesionales.

A mis padres y amigos que sin su apoyo no hubiera finalizado este trabajo.

## **RESUMEN**

El presente es un estudio integrado de la estratigrafía, estructura, geometría y potencial hidrocarburífero de la Cuenca Lancones. El cual se basa en la interpretación de secciones sísmicas, datos de pozo, datos geoquímicos y datos de campañas de campo, en conjunto con trabajos anteriores en la zona. Esos datos, con ayuda del procesamiento de imágenes satelitales, datos sísmicos y gravimétricos, permitieron entender la evolución geodinámica de nuestra cuenca. En el desarrollo de este trabajo, se recurrió a conceptos de tectónica de corrimientos, y a conceptos básicos de la exploración petrolera.

La Cuenca Lancones se encuentra en el NO del Perú en el departamento de Piura, provincia de Sullana con una extensión de aproximadamente 383,926.01 hectáreas. Presenta áreas protegidas como el Parque Nacional Cerros de Amotape y el Coto de Caza El Angolo. El acceso a esta cuenca es por vía terrestre.

La cuenca Lancones ha sido dividida en dos partes, definidas por los estilos de deformación observables y limitadas entre sí por la falla de desplazamiento normal Huaypirá, la misma que separa en superficie los afloramientos cretáceos de los cenozoicos. Estas dos zonas son conocidas como la Faja Plegada de Lancones y la Zona de Cobertura Cenozoica.

La cuenca es de tipo Antearco, donde las formaciones cretácicas se biselan hacia el NO sobre el Macizo de Amotape. Hacia el este, las formaciones sedimentarias pasan lateralmente al arco volcánico calco-alcalino cretácico Célica. La deformación es esencialmente compresiva ligadas a un sistema de corrimientos que se dan durante la deposición cretácica, es por eso la variación de su espesor y se manifiesta por largos anticlinales NE-SO. Esas estructuras están cortadas localmente por sistemas de fallas extensivas muy recientes y orientadas E-O y NE-SO.

Obviamente, los grandes anticlinales NE-SO pueden constituir buenas trampas estructurales. La sísmica muestra que están asociadas a fallas de corrimientos (fault bend fold o fault propagation fold) a vergencia este, y que sus estructuras profundas dependen de la geometría de esas fallas.



Las estructuras de corrimientos de la cuenca Lancones son paralelas y coherentes con los sistemas de corrimientos de la cuenca Tumbes.

Existen tres posibles sistemas petroleros en la Cuenca Lancones: 1) Sistema Muerto-Amotape, 2) Sistema Huasimal-Jahuay Negro y 3) Sistema Huasimal-Verdun. El reservorio mas importante son las cuarcitas fracturadas del Grupo Amotape debido a su proximidad con la cuenca vecina de Talara, donde se ha probado que son reservorios productivos como en los yacimientos de Portachuelos y Laguna. La modelizacion de la cuenca a partir de los datos de madurez de roca madre (Ro) del pozo Abejas 1X evidencian dos eventos de subsidencia que afectaron a la cuenca, activando la generación y expulsión de hidrocarburos.

Los plays propuestos responden a la integración de la estratigrafia y el mapeo de estructuras prospectivas, recopiladas tanto del proyecto como de datos bibliográficos. Resultan de estos dos plays: Uno en el sector norte de la cuenca y presenta una serie de estructuras que están compuestos de trampas estructurales de tipo anticlinal de orientación NE-SO. Todas estas estructuras son posibles prospectos debido a que presenta todos los elementos necesarios del sistema petrolero y otro en el sector sur de la cuenca que también presenta estructuras de tipo anticlinal pero estos se encuentran cubiertos por secuencias del Eoceno que sirven de sobrecarga a los sedimentos Cretácicos y a la vez, de roca reservorio y sello como las Formaciones Verdun y Chira respectivamente.

Finalmente la información recopilada e interpretada generó gran cantidad de datos, vectores, mapas, etc..., razón por lo que utilizamos un sistema de información geográfica (SIG) que admita gestionarlos. Esos datos son utilizados frecuentemente en las evaluaciones de cuenca dentro de una investigación multi-escala, permitiendo preservar los avances realizados hasta la fecha y generar mapas temáticos que respalden nuestras interpretaciones.

El objeto final de este trabajo es optar el título profesional de ingeniero geólogo en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), siendo este financiado por el marco del convenio IRD-PERUPETRO-BPZ.

## **INDICE**

<b>CAPITULO I</b>	<b>1</b>
<b>ASPECTOS GENERALES</b>	<b>1</b>
1.1 INTRODUCCION	2
1.2 ANTECEDENTES:	5
1.3 OBJETIVOS:	9
1.4 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION:	9
1.4.1 TRABAJO DE CAMPO:	9
1.4.2 TRABAJO DE GABINETE:	10
<b>CAPITULO II</b>	<b>11</b>
<b>GENERALIDADES</b>	<b>11</b>
2.1 RELACIONES TECTONICA-SEDIMENTACION EN MARGENES CONTINENTALES	12
2.2 MARCO TECTONICO REGIONAL	16
2.3 LAS GRANDES ETAPAS DE DEFORMACION ENTRE 0° Y 16°S	23
2.3.1 TECTONICA ANTE-ANDINA	23
2.3.2 TECTONICA COMPRESIVA ANDINA	25
2.4 GEOMETRIA DE PLIEGUES RELACIONADOS A CORRIMIENTOS	25
2.5 CORRIMIENTOS EN SUPERFICIE Y SU RELACION CON LA EROSION	27
2.6 CUENCAS DE ANTEARCO	29
2.7 PRINCIPALES CUENCAS DE ANTEARCO PERUANAS	32
2.8 UBICACIÓN Y LIMITES DE LA CUENCA LANCONES	34
<b>CAPITULO III</b>	<b>36</b>
<b>ESTRATIGRAFIA DE LA CUENCA LANCONES</b>	<b>36</b>
3.1 SINTESIS	37
3.1.1 PALEOZOICO: Grupo Amotape	40
3.1.1.1 Formación Cerro Negro	40
3.1.1.2 Formación Chaleco de Paño	40
3.1.1.3 Formación Cerro Prieto	40

3.1.1.4 Formación Palaus	41
3.1.2 MESOZOICO	41
3.1.2.1 Formación Gigantal	41
3.1.2.2 Formación Pananga	42
3.1.2.3 Formación Muerto	44
3.1.2.4 Formación Lancones	46
3.1.2.5 Formación Huasimal	47
3.1.2.6 Formación Jahuay Negro	48
3.1.2.7 Formación Encuentros	51
3.1.2.8 Formación Tablones	54
3.1.2.9 Formación Redondo	55
3.1.3 CENOZOICO	56
3.1.3.1 Formación Chocan	56
3.1.3.3 Formación Chira	57
3.1.3.4 Formación Mirador	58
<b>CAPITULO IV</b>	<b>60</b>
<b>GEOMETRIA Y ESTILO DE DEFORMACION DE LA CUENCA LANCONES</b>	<b>60</b>
4.1 ESTILO ESTRUCTURAL DE LA CUENCA LANCONES	61
4.1.1 PRINCIPALES PLIEGUES	61
4.1.1.1 Anticlinal Totoras	61
4.1.1.2 Anticlinal Gallinazos	61
4.1.1.3 Anticlinal Jabonillos	61
4.1.1.4 Anticlinal Pocitos	62
4.1.1.5 Sinclinal Cazaderos	62
4.1.1.6 Sinclinal Totoras	62
4.1.1.7 Sinclinal Quebrada Seca	62
4.1.1.8 Sinclinal Salvajal	62
4.1.1.9 Sinclinal Tablones	62
4.1.2 PRINCIPALES FALLAS	63
4.1.2.1 Falla Angolo	65
4.1.2.2 Falla Cuzco	65

4.1.2.3 Falla Huaypira	65
4.1.2.4 Falla Encañada	65
4.1.2.5 Falla 01 y Falla 02	65
4.1.2.6 Falla 03 y Falla 04	66
4.1.2.7 Falla 05 y Falla 06	66
4.2 OBSERVACIONES ESTRUCTURALES IMPORTANTES DE CAMPO	66
4.3 TECTONICA REGIONAL	70
4.3.1 CONSTRUCCION DE SECCIONES REGIONALES	70
4.3.1.1 SECCION A-B	70
4.3.1.2 SECCION C-D	75
4.3.1.3 SECCION E-F	79
4.3.1.4 SECCION G-H	82
4.3.2 GRAVIMETRIA Y SISMOLOGIA	85
<b>CAPITULO V</b>	<b>88</b>
<b>SISTEMAS PETROLÍFEROS: CARACTERIZACIÓN Y MODELAMIENTO</b>	<b>88</b>
5.1 EVALUACION GEOQUÍMICA: GENERALIDADES	89
5.2. SISTEMA PETROLÍFERO: GENERALIDADES	92
5.3 SISTEMA PETROLIFERO DE LA CUENCA LANCONES	94
5.3.1 ROCA GENERADORA	95
5.3.1.1 MESOZOICO	95
5.3.2 ROCA RESERVORIO	101
5.3.2.1 PALEOZOICO	101
5.3.2.2 MESOZOICO	101
5.3.2.3 CENOZOICO	101
5.3.3 ROCA SELLO	102
5.4 DIAGRAMA ESTRATIGRAFICO	102
5.5 MODELAMIENTO DE LA CUENCA LANCONES	104
5.5.1 CALIBRACION	104
5.5.2 INTERPRETACION	107
5.6 PROPUESTAS DE PLAYS DE EXPLORACION EN LA CUENCA LANCONES	112

<b>CAPITULO VI</b>	<b>116</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>116</b>
6.1 CONCLUSIONES	117
6.2 RECOMENDACIONES	118
<b>CAPITULO VI</b>	<b>119</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>119</b>
<b>CAPITULO VII</b>	<b>124</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>124</b>

## LISTADO DE FIGURAS, FOTOS Y TABLAS

### CAPITULO I

#### FIGURAS

- FIGURA 1. 1: Mapa de ubicación del área de estudio.* 2
- FIGURA 1. 2: DEM (fuente NASA) donde se observa la geomorfología de la cuenca Lancones, se aprecia que al norte de la cuenca el terreno es ondulante y al sur de la misma el terreno es plano. También se puede apreciar las cadenas montañosas de los Amotapes y La Brea que separan a las cuencas Talara y Tumbes de la cuenca Lancones.* 3
- FIGURA 1. 3: Mapa Geográfico (fuente IGN) donde se aprecia las rutas principales de acceso terrestre, poblados más cercanos, sistemas hidrográficos y aéreas protegidas.* 4
- FIGURA 1. 4: Mapa de ubicación del primer lote en la cuenca Lancones que perteneció a PLUSPETROL (Septiembre, 2000).* 7
- FIGURA 1. 5: Mapa de ubicación del último lote en la cuenca Lancones que en la actualidad pertenece a BPZ Energy (Noviembre, 2007).* 8

### CAPITULO II

#### FIGURAS

- FIGURA II. 1: Esquema de la distribución de las placas en la actualidad.* 13
- FIGURA II. 2: Ciclo de Wilson (Wilson, 1965).* 14
- FIGURA II. 3: Características del Margen Continental Pasivo.* 15
- FIGURA II. 4: Características del Margen Continental Activo.* 16
- FIGURA II. 5: Imagen satelital SRTM ([www2.jpl.nasa.gov](http://www2.jpl.nasa.gov)) donde se encuentra la configuración morfológica de la Cordillera de los Andes; la segmentación del plano de subducción, las diferentes dorsales (rigdes) sísmicas y la localización de la cuenca Lancones.* 18

<i>FIGURA II. 6: Configuración morfo-estructural E-W de los Andes Septentrionales ecuatorianos latitud 0° (según Baby et al., 1999) mostrando la localización del forearc basin dentro el contexto de la Cordillera Andina.</i>	19
<i>FIGURA II. 7: Configuración morfo-estructural E-W de los Andes (Norte del Perú) latitud 5°, mostrando la ubicación de las cuencas forearc Lancones, Tumbes y Talara dentro del contexto andino (según Hermoza, 2004).</i>	20
<i>FIGURA II. 8: Distribución de los diferentes elementos estructurales que controlan la evolución tectono sedimentario de la cuenca Lancones y su relación con áreas vecinas.</i>	22
<i>FIGURA II. 9: Tipos de pliegues desarrollados en un corrimiento: a) pliegue por propagación de falla, b) pliegue por flexión de falla, c) pliegue por despegue simple.</i>	27
<i>FIGURA II. 10: Sistemas de imbricación de pliegues de propagación de fallas. (McClay, 1992).</i>	28
<i>FIGURA II. 11: Esquema de cabalgamientos y estructuras asociadas en superficie.</i>	29
<i>FIGURA II. 12: Cuencas vinculadas con fenómenos de subducción (Univ. of Illinois at Chicago. Earth and Environmental Sciences.)</i>	30
<i>FIGURA II. 13: Mapa de principales cuencas sedimentarias del Perú. En la parte occidental se puede observar las cuencas Antearco de Tumbes, Talara, Lancones, Sechura, Trujillo, Salaverry, Lima, Pisco y Mollendo.</i>	33
<i>FIGURA II. 14: Ubicación y Límites de la cuenca Lancones (Infologic, 2006).</i>	35

### **CAPITULO III**

#### **FIGURAS**

<i>FIGURA III. 1: Columna geológica generalizada de la cuenca Lancones (según: Reyes et al., 1987; Pluspetrol, 2002; BPZ, 2005; Quinto, 2006).</i>	38
<i>FIGURA III. 2: Imagen Satelital LANSAT donde se muestra los afloramientos mapeados en el sector norte de la cuenca Lancones, y los datos tomados en campo por las diferentes campañas de IRD-PERUPETRO-BPZ</i>	39

## **FOTOS**

<i>FOTO III. 1: Conglomerados de la Formación Gigantal, LAN010 (Qda. Potrerillo).</i>	42
<i>FOTO III. 2: Conglomerado de la Formación Pananga, LAN135 (Qda. Potrereros).</i>	43
<i>FOTO III. 3: Conglomerado de la Formación Pananga, LAN135 (Qda. Potrereros).</i>	43
<i>FOTO III. 4: Muerto (Miembro inferior), lutitas y calizas negras (roca madre), slumps, olistolito, LAN083 (Cerca Hda. Pocitos).</i>	45
<i>FOTO III. 5: Formación Muerto, caliza negra con fósil de amonite, LAN008 (Qda. Potrerillo)</i>	45
<i>FOTO III. 6: Formación Lancones: brechas y coladas volcánicas pasando progresivamente a lutitas gris oscuro, LAN060 (Qda. Peña Blanca).</i>	46
<i>FOTO III. 7: Fm. Huasimal, arcilitas negras (roca madre) intercalan con capas delgadas de areniscas; Miembro Huasimal, LAN087 (Qda. Encuentros).</i>	48
<i>FOTO III. 8: Formación Jahuay Negro, lutitas y areniscas volcano-clásticas. Ambiente turbidítico, LAN061 (Qda. Las Horquetas).</i>	50
<i>FOTO III. 9: Formación Jahuay Negro, se aprecia una falla normal sin-sedimentaria, LAN062 (Qda. Las Horquetas).</i>	50
<i>FOTO III. 10: Formación Encuentros, anticlinal de rampa sin-sedimentario; facies Checo, LAN073 (Qda. Ramadita).</i>	53
<i>FOTO III. 11: Formación Encuentros, turbiditas, debritas, LAN071 (Qda. Ramadita).</i>	54
<i>FOTO III. 12: Formación Tablones, areniscas cuarzosas de grano subredondeado, frente deltáico, LAN094 (Qda Chorrera).</i>	55
<i>FOTO III. 13: Afloramiento Formación Chira, limoarcillitas laminadas y falladas, LAN080.</i>	58
<i>FOTO III. 14: Formación Mirador en contacto erosivo sobre la Fm. Chira. La base de la Formación. Mirador está constituido por un nivel de toba, LAN081.</i>	59

## **CAPTULO IV**

### **FIGURAS**

<i>FIGURA IV. 1: Imagen DEM donde se muestra los pliegues con una orientacion NE-SO y las principales falls, este mapa es compilado de informacion geológica</i>	
--	--



<i>existente y corregida a partir de nuestras observaciones de campo y de la interpretación de imágenes satelitales.</i>	64
<i>FIGURA IV. 2: Imagen satelital del noroeste del Perú en donde se muestra las secciones regionales y las secciones sísmicas reinterpretadas para conocer la geometría y deformación de la cuenca Lancones.</i>	72
<i>FIGURA IV. 3: Interpretación de la sección sísmica PXII-99-02 (localización FIGURA IV.2)</i>	73
<i>FIGURA IV. 4: Bloque diagrama 3D de la sección estructural A-B, mostrando la geometría de la cuenca Lancones.</i>	74
<i>FIGURA IV. 5: Interpretación de la sección sísmica PXII-99-01 (localización FIGURA IV.2).</i>	76
<i>FIGURA IV. 6: Interpretación de la sección sísmica PXII-99-05 (localización FIGURA IV.2).</i>	77
<i>FIGURA IV. 7: Sección estructural C-D construida a partir de las secciones sísmicas PXII-99-01 y PXII-99-05. Se aprecia el contacto entre Cretácico y Terciario en discordancia angular (localización en FIGURA IV.2).</i>	78
<i>FIGURA IV. 8: Interpretación de la sección sísmica PXII-99-10 (localización FIGURA IV.2).</i>	80
<i>FIGURA IV. 9: Sección estructural E-F construida a partir de las secciones sísmicas PXII-99-10, muestra la orientación del sistema de acreción E-O. También se aprecia las cuencas transportadas que se forman detrás de los corrimientos (localización en FIGURA IV.2).</i>	81
<i>FIGURA IV. 10: Interpretación de la sección sísmica PXII-99-12 (localización FIGURA IV.2).</i>	83
<i>FIGURA IV. 11: Sección estructural G-H construida a partir de las secciones sísmicas PXII-99-12. Esta sección es similar a la sección estructural E-F y se aprecia que el corrimiento afecta a las formaciones Paleozoicas y Cretácicas (localización en FIGURA IV.2).</i>	84
<i>FIGURA IV. 12: Mapa donde se aprecia la gravimetría (PLUSPETROL CORPORATION S.A.) y sismos (IGP) en la cuenca Lancones.</i>	87

## **FOTOS**

<i>FOTO IV. 1: Anticlinal Pocitos con rumbo NE-SO, Formación Muerto (cerca al caserío El Penco).</i>	63
<i>FOTO IV. 2: Falla normal con rumbo NE-SO, afloramiento Formación Huasimal, LAN085.</i>	67
<i>FOTO IV. 3: Falla inversa y deformación sinsedimentaria, afloramiento Formación Encuentros, LAN089.</i>	67
<i>FOTO IV. 4: Falla de sobrescurrimiento, rumbo oeste, afloramiento Formación Jahuay Negro, LAN065.</i>	68
<i>FOTO IV. 5: Slumps entre turbiditas, afloramiento Formación Encuentro, LAN070.</i>	68
<i>FOTO IV. 6: Falla normal sinsedimentario, afloramiento Formación Jahuay Negro, LAN062.</i>	69
<i>FOTO IV. 7: Falla normal, afloramiento Formación Chira, LAN080.</i>	70

## **CAPITULO V**

### **FIGURAS**

<i>FIGURA V. 1: Elementos y procesos de los Sistemas Petroliferos (Schiefelbein &amp; Requejo).</i>	94
<i>FIGURA V. 2: Grafico que muestra la relacion entre el Indice de Hidrógeno (HI) y el Indice de Oxigeno (OI) que nos sirve para determinar el tipo de kerogeno en el que nos encontramos (INFOLOGIC, 2006).</i>	97
<i>FIGURA V. 3: Muestra la estadística de Carbón Orgánico Total y la distribución de frecuencia según la edad de la generación (INFOLOGIC, 2006).</i>	98
<i>FIGURA V. 4: Muestra la estadística de HI y la distribución de frecuencia según la edad de la generación (INFOLOGIC, 2006).</i>	99
<i>FIGURA V. 5: Grafico que muestra la temperatura de generación de hidrocarburos(INFOLOGIC, 2006).</i>	100
<i>FIGURA V. 6: Diagrama Estratigráfico de las secuencias estratigraficas mostrando la relación con el sistema petrolero de la cuenca Lancones y el alcance de estos de oeste a este.</i>	103

<i>FIGURA V. 7: Se observa los valores de reflectancia de vitrinita (Ro) “puntos morados” variando en relación con la profundidad.</i>	105
<i>FIGURA V. 8: Calibración con valores de BHT del pozo Abejas 1 X.</i>	105
<i>FIGURA V. 9: Datos de Heat Flow utilizados para modelar la cuenca.</i>	106
<i>FIGURA V. 10: Datos obtenidos del pozo Abejas 1X utilizados para modelar la cuenca Lancones.</i>	107
<i>FIGURA V. 11: Cuantificación de las tasas de subsidencia y de los procesos erosivos que afectaron la cuenca.</i>	108
<i>FIGURA V. 12: Grafico que nos indica la tasa de sedimentación, subsidencia y erosión.</i>	109
<i>FIGURA V. 13: Ventana de generación de HC, Formación Muerto y Formación Huasimal.</i>	110
<i>FIGURA V. 14: Gráfico en el que se muestra la madurez termal de la Formación Huasimal basada en la Reflectancia de Vitrinita la que aumenta hacia el depocentro de la cuenca.</i>	111
<i>FIGURA V. 15: Cuadro en el que se muestra los niveles en la exploración petrolera.</i>	113
<i>FIGURA V. 16: Cuadro en el que se aprecia los elementos y procesos de los sistemas petroleros en la cuenca Lancones, realizados a partir de la modelización del pozo Abejas 1X, de los datos de campo y de informes anteriores de la zona.</i>	115

## **TABLAS**

<i>TABLA V. 1: Niveles de Madurez Termal de la materia orgánica para generar hidrocarburos (Peters et al., 1994).</i>	90
<i>TABLA V. 2: Potencial Petrolero de la materia orgánica (Peters et al., 1994).</i>	90
<i>TABLA V. 3: Características de los Hidrocarburos Expulsados en función del tipo de kerogeno.</i>	91
<i>TABLA V. 4: Muestra el TOC de cada formación y el número de muestras que se tomaron de cada una (PLUSPETROL, 1999).</i>	95
<i>TABLA V. 5: Muestra el HI de cada formación y el numero de muestras que se tomaron de cada una (PLUSPETROL, 1999).</i>	98

## CAPITULO VII

### ANEXOS

<i>FIGURA VII. 1: Mapa geológico realizado por PLUSPETROL, 2002.</i>	<i>125</i>
<i>FIGURA VII. 2: Perfil del pozo Abejas IX en el que se aprecia las unidades estratigráficas atravesadas.</i>	<i>126</i>
<i>FIGURA VII. 3: Cuadro Estratigráfico realizado por PLUSPETROL, 2002.</i>	<i>127</i>
<i>FIGURA VII. 4: Secciones Estructurales construidas a partir de secciones sísmicas (A-B, E-F y G-H) y datos estructurales (A1-B1 y A2 y B2), en las que se puede apreciar los corrimientos originados durante la Tectónica Compresiva Andina (Cretáceo) que originaron todas las cuencas antearco en el Perú.</i>	<i>128</i>
<i>FIGURA VII. 5: Corte Estructural 3D de la Cuenca Lancones realizado a partir de la interpretación de las secciones sísmicas mencionadas en el CAPITULO IV.</i>	<i>129</i>

## **CAPITULO I**

### **ASPECTOS GENERALES**

El presente trabajo es un estudio de investigación basándose en información de geología de superficie, secciones sísmicas, imágenes satelitales, DEM's, información de pozo y bibliografía de estudios anteriores que abarcan la cuenca Lancones.

Esta tesis fue elaborada gracias al convenio IRD-PERUPETRO-BPZ ENERGY.

## **1.1 INTRODUCCION**

La zona estudiada se encuentra al noroeste del Perú (*FIGURA 1.1*) en el Departamento de Piura, Provincia de Sullana; teniendo como límite al oeste la cadena montañosa de Amotape-La Brea, hacia el norte la frontera peruano-ecuatoriana, hacia el este el arco volcánico Célica y al sur la cuenca Sechura.

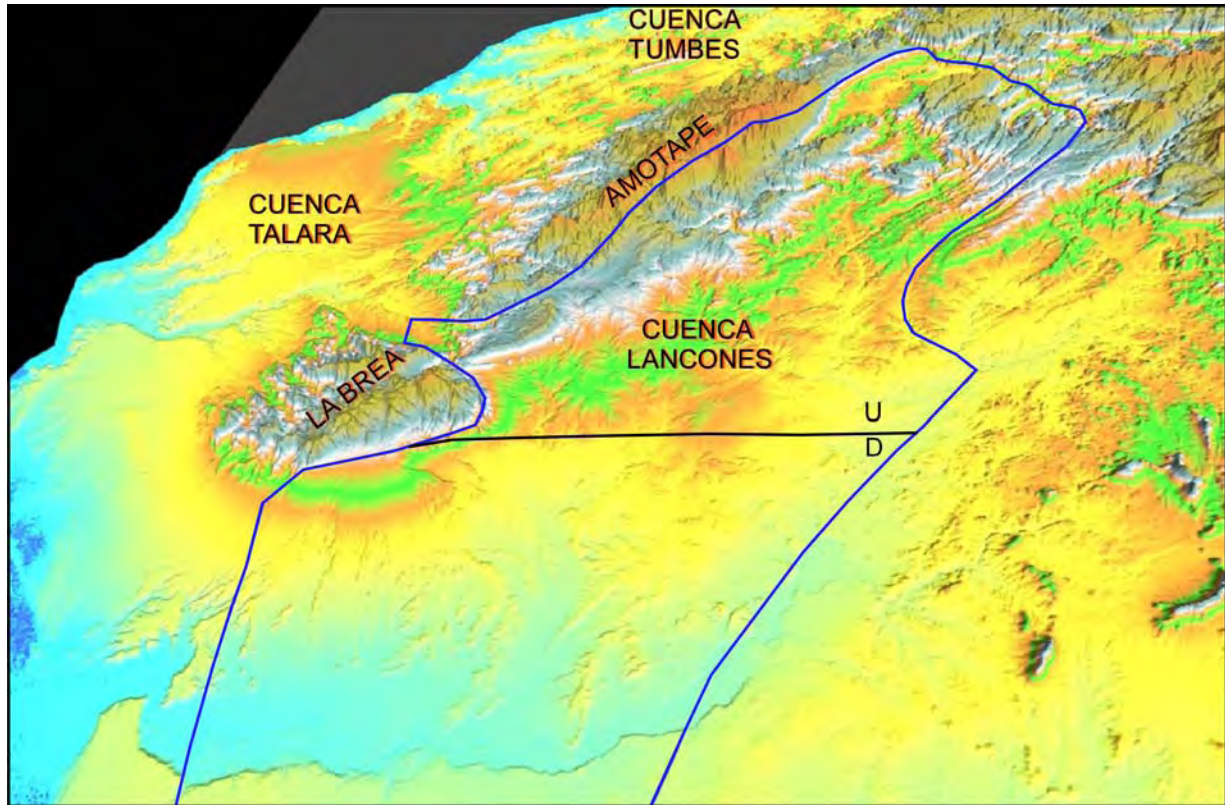


***FIGURA 1. 1: Mapa de ubicación del área de estudio.***

*NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA  
LANCONES*

Geográficamente consiste en terreno ondulante, montañoso en la parte norte y terreno plano en la parte sur, separados por la falla Huaypira (*FIGURA 1.2*).

El área de estudio comprende aproximadamente 383,926.01 hectáreas.



***FIGURA 1. 2: DEM (fuente NASA) donde se observa la geomorfología de la cuenca Lancones, se aprecia que al norte de la cuenca el terreno es ondulante y al sur de la misma el terreno es plano. También se puede apreciar las cadenas montañosas de los Amotapes y La Brea que separan a las cuencas Talara y Tumbes de la cuenca Lancones.***

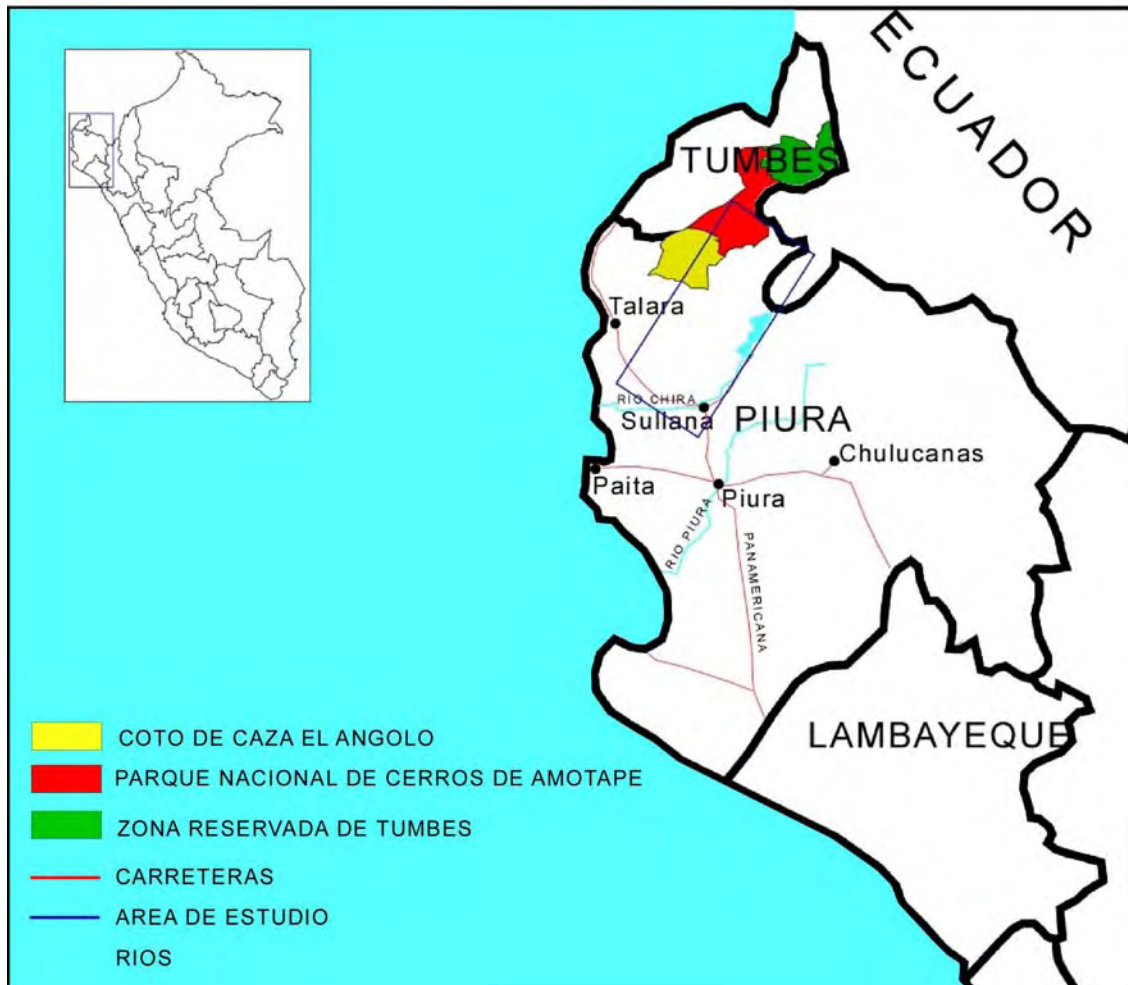
La principal vía de acceso es la Panamericana Norte que va del sureste al noroeste siendo Sullana la ciudad más cercana a la zona de estudio (*FIGURA 1.4*). Dentro de la cuenca, tenemos carreteras afirmadas que son transitables en épocas de estío, siendo estas las vías de comunicación entre los diversos centros poblados que se encuentran en dicha zona (Lancones-Encuentros-Jabonillos-Cañas-Angolo-Portachuelo).



*NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA  
LANCONES*

La provincia de Sullana tiene un clima sub-árido tropical cálido y atmósfera húmeda de promedio 65, con temperatura máxima de 37°C y una mínima de 19°C en las partes bajas, siendo 24°C su promedio anual.

Hidrográficamente, la parte sur de la cuenca es cortada por el Río Chira que se extiende desde el sur sudoeste hasta la zona fronteriza del Ecuador. Al noreste de Sullana el valle del Chira tiene aproximadamente 1 kilómetro de ancho, cortando colinas a la altura de Sullana, gira al oeste y se ensancha a aproximadamente 2 kilómetros, después toma un curso sinuoso hasta finalizar en el Océano Pacífico (*FIGURA 1.3*).



***FIGURA 1. 3: Mapa Geográfico (fuente IGN) donde se aprecia las rutas principales de acceso terrestre, poblados más cercanos, sistemas hidrográficos y aéreas protegidas.***



En la zona de estudio tenemos áreas protegidas (*FIGURA I.3*):

- ***Parque Nacional Cerros de Amotape:*** Creado en 1975; el objetivo principal es la conservación de muestras representativas de la diversidad biológica existente en las ecoregiones del bosque seco ecuatorial y el bosque tropical del Pacífico.
- ***Coto de Caza El Angolo:*** Creado en 1975, el objetivo principal es conservar el bosque seco ecuatorial y su recurso faunístico, a través del manejo sostenible de la fauna silvestre, ayudar al desarrollo socioeconómico regional fomentando el turismo aficionado a la caza deportiva.

## **1.2 ANTECEDENTES:**

La cuenca Lancones a comparación de la cuenca vecina de Talara no ha sido estudiada tan minuciosamente debido a que los autores de los trabajos anteriores no han contado con toda la información necesaria de esta cuenca.

Las contribuciones principales comenzaron con el trabajo de T.O. Bosworth durante el período de 1910 a 1924. Aquel trabajo fue ampliado y enmendado en mayor grado por el detallado geológico y los estudios de paleontología de Axel Olsson entre los años 1924 y 1944. Sus esfuerzos posteriormente fueron seguidos entre 1951 y 1956 por un grupo de geólogos de la Compañía Internacional de petróleo, dirigidos por Alfred G Fischer e incluyendo a Isaac A. Tafur, Fernando Zúñiga y Rivero, Robert O. Morris y Antenor Alemán.

La cuenca fue explorada por hidrocarburos por primera vez en los años 80's por geólogos y geofísicos de Petróleos del Perú en donde realizaron muestreos petrográficos, columnas estratigráficas, secciones estructurales realizadas solo con datos de campo debido a que no contaban con información sísmica en esa época, por estas razones la veracidad de estas secciones estructurales son limitadas; también realizaron gravimetría y magnetometría.

En 1999, PLUSPETROL CORPORATION S.A. realiza una evaluación de la cuenca desarrollando 415 Km de sísmica 2D, 1,860 kilómetros de línea de aerogravimetría,

*NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA  
LANCONES*

8,642 kilómetros de línea de aeromagnetometría aproximadamente, y la perforación del pozo exploratorio Abejas 1X, donde obtuvieron muestras de gas en el Cretáceo Superior; en virtud del contrato del Lote XII autorizado por PERUPETRO (*FIGURA I.4*).

En la actualidad el Lote pertenece a BPZ Energy desde Noviembre del 2007, por medio de un contrato autorizado por PERUPETRO (*FIGURA I.5*).

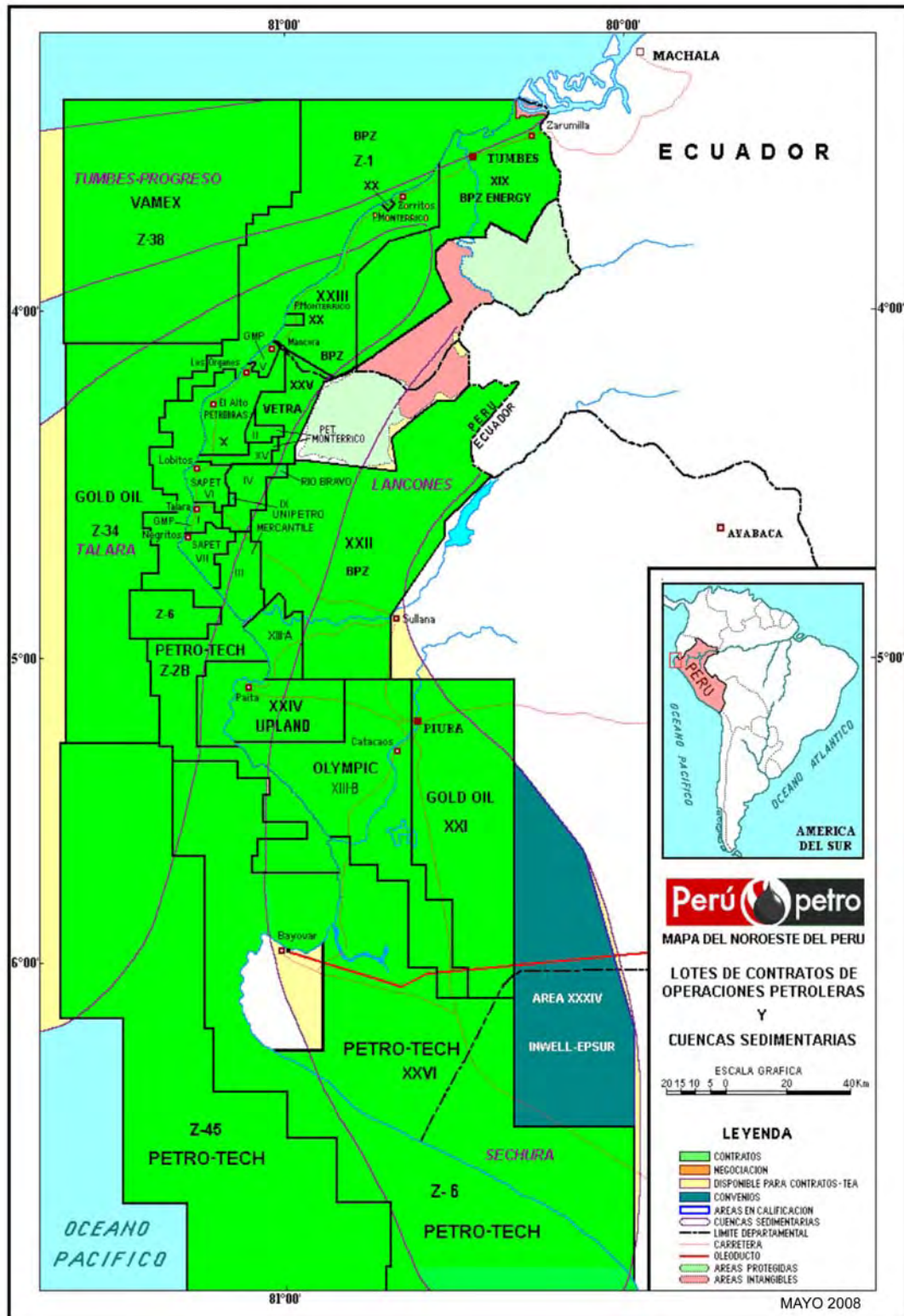
La mayor parte de esta información se obtuvo en el banco de datos de PERUPETRO y la demás por publicaciones.

*LANCONES*



*perteneció a PLUSPETROL (Septiembre, 2000).*

NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA  
LANCONES



**FIGURA 1. 5:** Mapa de ubicación del último lote en la cuenca Lancones que en la actualidad pertenece a BPZ Energy (Noviembre, 2007).

### **1.3 OBJETIVOS:**

- Revisar y compilar la estratigrafía de la cuenca y caracterizar el ambiente de depósito de cada formación.
- Actualizar el mapa geológico y estructural de toda la cuenca.
- Definir el estilo estructural de la cuenca Lancones a partir de secciones sísmicas y del mapa geológico actualizado.
- Realizar modelados de la cuenca y de sus sistemas petrolíferos con el Software Genex (Beicip Franlab) a partir de las conclusiones geodinámicas obtenidas, y utilizando los pozos y datos de roca madre existente.
- Sacar conclusiones para evaluar el potencial hidrocarburífero a fin de hallar áreas prospectables para la exploración petrolífera.

### **1.4 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION:**

#### **1.4.1 TRABAJO DE CAMPO:**

Para la realización de esta tesis se realizaron dos salidas de campo. Los datos se tomaron en cortes de carretera, quebradas y caminos sin afirmar. También se utilizó la compilación de datos de trabajos anteriores realizados por J. C. Quinto (2006) y M. Vega. Seguidamente se compilo datos de las campañas de campo de PLUSPETROL.

En los puntos donde se tomaron datos se realizó:

- Levantamiento de datos estructurales.
- Levantamiento de secciones litológicas, y análisis fisiológico.
- Reconocimiento de las principales fallas y mapeo geológico.

- Muestreo de fósiles y de rocas para datación y análisis de roca madre.

#### **1.4.2 TRABAJO DE GABINETE:**

Este trabajo consistió en:

La elaboración de nuestra base de datos que nos permitió centrar la información para actualizarla y gestionarla, con el fin de ayudar en los diferentes análisis que involucran el presente estudio. Esta compilación se ha tomado de diferentes fuentes las cuales son: base de datos de PERUPETRO, INGEMMET, IGN, datos descargados de sitios Web especializados y datos obtenidos de nuestras campañas.

El procesamiento de imágenes satelitales, que nos permitió realizar un mapeo geológico con la ayuda de información de campo; así nos permite seguir estructuras que sin tratamiento sería imposible notar. Toda esta información se realizó con el software aplicativo (MapInfo).

La construcción de secciones estructurales utilizando datos tomados de campo, y del análisis e interpretación de secciones sísmicas. De la cuenca Lancones se interpretaron 5 secciones sísmicas: PXII-99-01, PXII-99-02, PXII-99-05, PXII-99-10 y PXII-99-12 adquiridas por PLUSPETROL CORPORATION S.A. en el año 99. Para la interpretación de estas secciones se utilizaron datos de campo y de pozo en la sección PXII-99-05 ya que esa sección cruza el pozo las Abejas 1X.

El modelamiento de la cuenca y la definición de sus sistemas petroleros (Genex software); se realizó con datos geoquímicos tomados de informes realizados anteriormente por PETROPERU (1987), PLUSPETROL (2000) e INFOLOGIC (2006). Posteriormente se realizó una evaluación de la cuenca y de su potencial petrolífero mediante la interpretación de los resultados calibrados con el software Genex.

## **CAPITULO II**

### **GENERALIDADES**

Este capítulo tiene como finalidad dar un marco tectónico y sedimentario referencial, los conceptos generales de cuencas de antearco, su segmentación y zonas de aporte que se relacionaran con los eventos tectónicos, los cuales permitirán el desarrollo de estos en los capítulos posteriores.

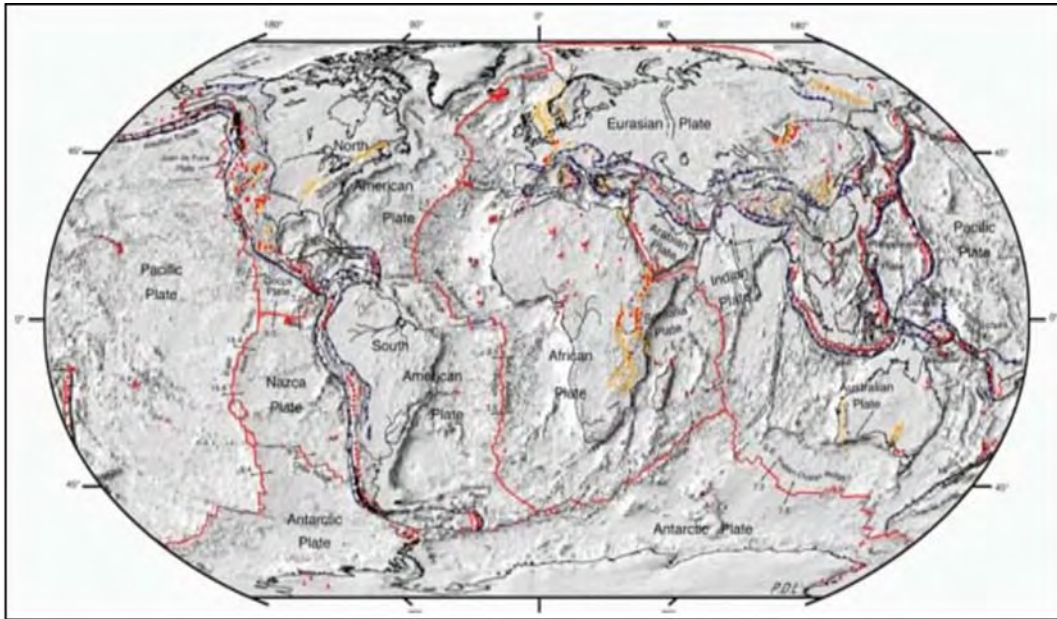
Las cuencas de Antearco es el resultado de diferentes eventos tectónicos relacionados entre si, los cuales han sido estudiados por diferentes investigadores que nos muestran la evolución geológica de los Andes, la cual representara nuestra base para dar un panorama general en el entendimiento de las estructuras que tenemos en la actualidad y en especial nuestra cuenca de estudio.

## 2.1 RELACIONES TECTONICA-SEDIMENTACION EN MARGENES CONTINENTALES

El concepto más interesante que introduce esta teoría es el de placa, razón por la cual se le conoce como Teoría de la Tectónica de Placas. Se denomina placas a los diferentes casquetes esféricos rígidos en los que se puede dividir la litosfera. Los límites principales de las placas son las áreas donde hay crecimiento cortical (dorsales oceánicas activas) y las áreas donde hay desaparición de la litosfera (zonas de subducción). Existe, además, un tercer tipo de límite de placas relacionada con fallas transformantes. Debido a que los movimientos de acreción cortical de una placa y los de pérdida cortical pueden presentar tasas variables en el tiempo, el tamaño de las placas tiende a aumentar (acreción > desaparición) o disminuir el tamaño (desaparición > acreción). Por ello siempre que se hable de placas y de sus límites hay que referirse a un momento determinado.

La *FIGURA II.1* representa un mapa con la distribución actual de placas en la que se pueden ver diversos tipos de placas. Unas están formadas exclusivamente por corteza oceánica (Placas de Nazca, Filipina y Pacífica), otras tienen dentro de la placa continentes y océanos (Placas Americana, Africana, Indica y Eurasiática). En cuanto al tamaño hay una gran diversidad, ya que algunas son muy pequeñas (Placas de Juan de Fuca y Cocos) mientras que otras son de enormes dimensiones (Placas Americana y Eurasiática).



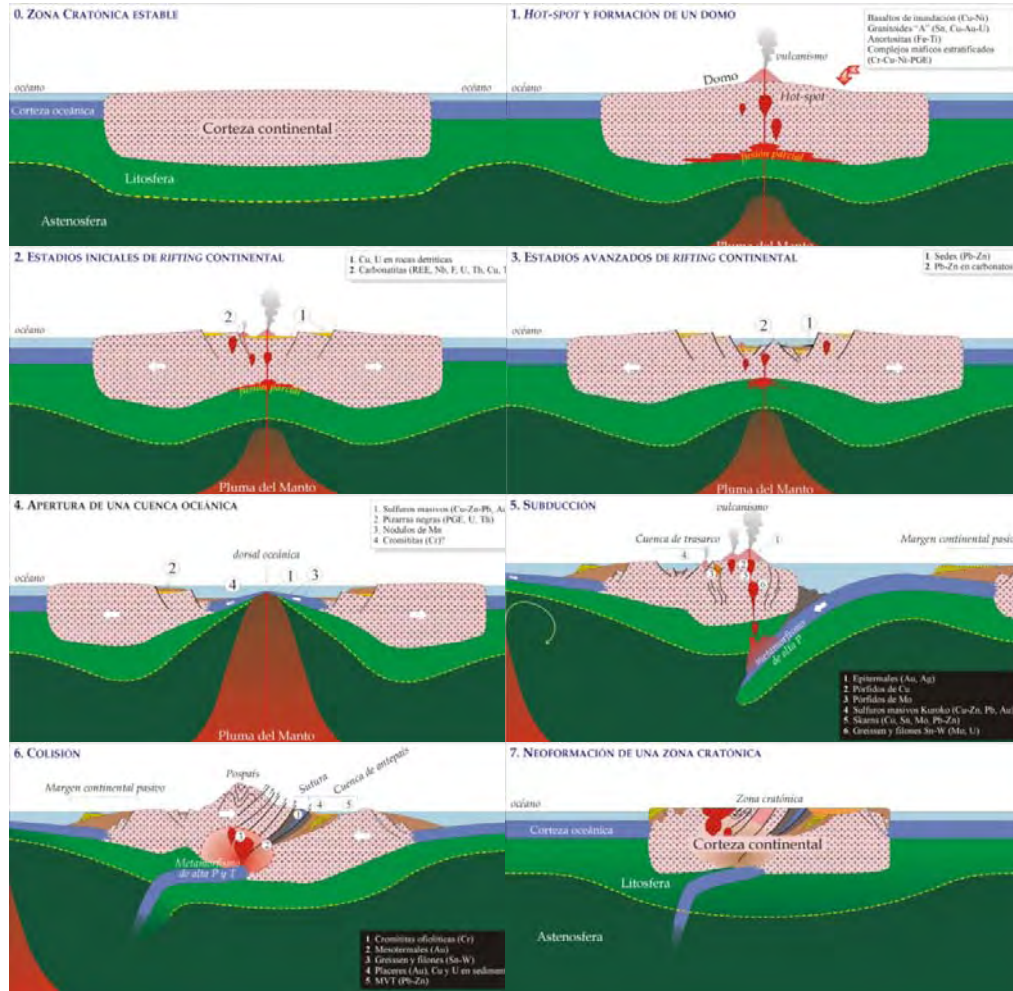


**FIGURA II. 1: Esquema de la distribución de las placas en la actualidad.**

Las cuencas sedimentarias son áreas de la superficie de la Tierra en las que se han podido acumular grandes espesores de sedimentos durante un prolongado intervalo de tiempo. Los valores máximos de tasa de sedimentación se alcanzan en los medios sedimentarios más cercanos a la línea de costa, deduciendo así que más de la mitad de los sedimentos se acumulan en los bordes de los continentes. Se está aludiendo a los márgenes continentales, áreas subsidentes amplias, que constituyen verdaderas trampas de sedimentos donde se depositan importantes volúmenes de los mismos.

El concepto de margen continental y la reconstrucción de las diferentes fases de su evolución (Ciclo de Wilson) ha sido uno de los avances más notables del conocimiento sobre la génesis de las cuencas sedimentarias a partir de la emisión de la Teoría de la Tectónica de Placas (*FIGURA II.2*).

**NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA  
LANCONES**

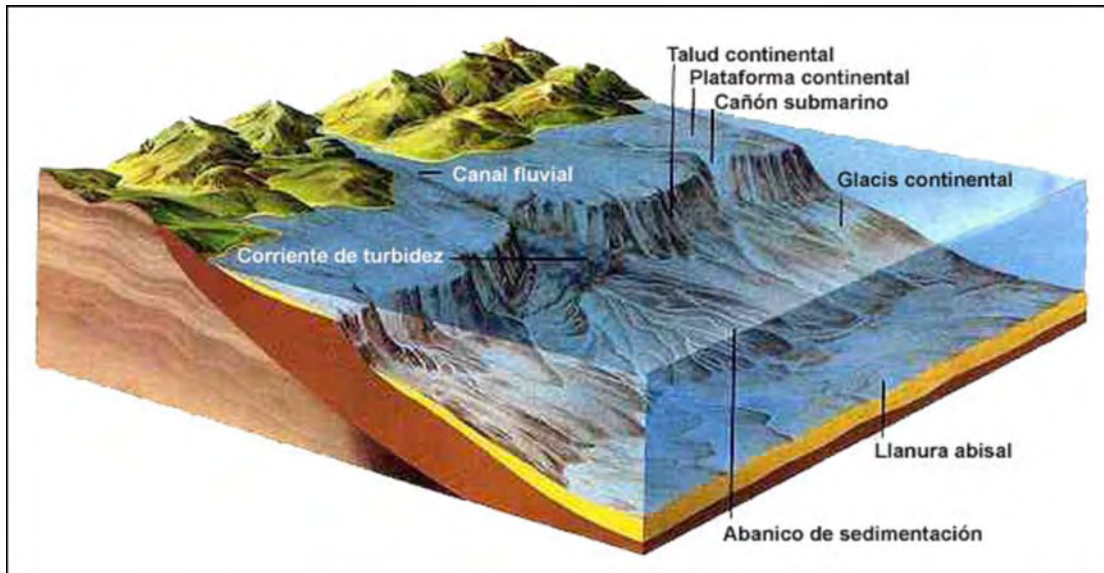


**FIGURA II. 2: Ciclo de Wilson (Wilson, 1965).**

Se diferencian dos tipos principales de márgenes continentales, de acuerdo con su posición con respecto al borde de las placas, a la morfología del fondo marino, a la estructura interna y al carácter divergente o convergente de los mismos.

**Márgenes Continentales Pasivos:** Se sitúan dentro de una misma placa de manera que el límite entre la corteza continental y la corteza oceánica se hace por yuxtaposición. La morfología del fondo es la que presentan la mayoría de los márgenes del Atlántico, razón por lo que también se reconoce como márgenes de tipo Atlántico. Se caracteriza por tener a partir de la línea de costas una plataforma relativamente ancha (70-80 Km.), a la que le sigue el talud con una pendiente de 4°-5° y posteriormente el glacis continental, área extensa de pendiente muy suave hacia el interior del océano que llega a

los 4,000 o 5,000 m. de profundidad, para pasar lateralmente a las llanuras oceánicas (*FIGURA II.3*). La corteza continental de los márgenes pasivos sufre un progresivo adelgazamiento al estar sometida a una extensión igualmente progresiva. En definitiva estos márgenes presentan una dinámica extensiva por lo que también se les llama márgenes divergentes.

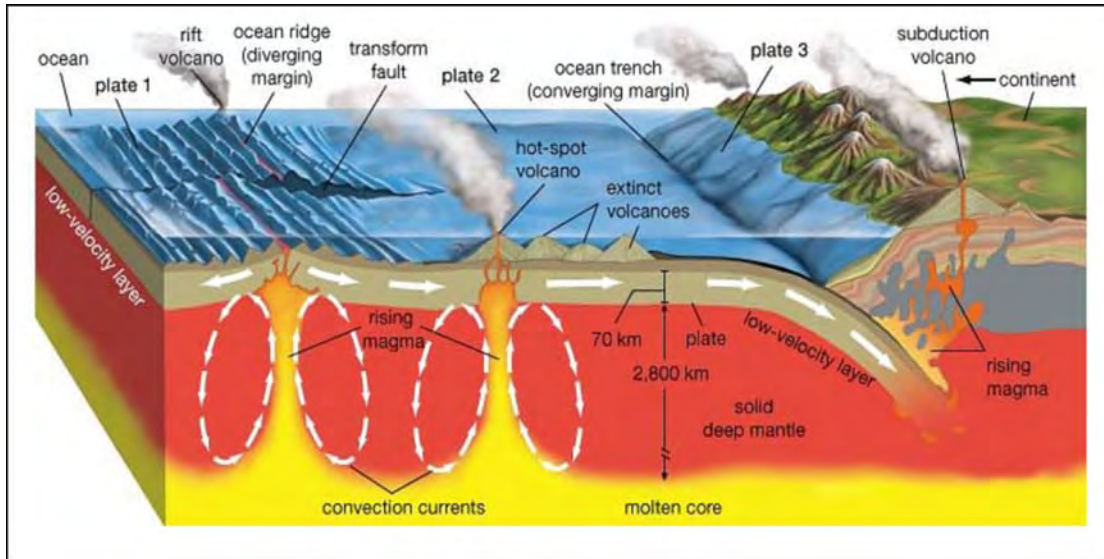


***FIGURA II. 3: Características del Margen Continental Pasivo.***

***Márgenes Continentales Activas:*** Tienen un límite de placas, ya que en ellos la corteza oceánica se hunde por debajo de la corteza continental. Morfológicamente son como la mayoría de los márgenes actuales del pacífico, por lo que también se denominan márgenes de tipo Pacífico. La mayor diferencia morfológica con respecto a los márgenes pasivos es que en lugar de glacis continental presentan una fosa marginal de una anchura de 70-100 Km., de longitud (varios cientos de kilómetros) y de una gran profundidad, que puede llegar a 11 Km. (*FIGURA II.4*).

Estos márgenes presentan una dinámica compresiva de manera que en ellos hay acortamiento cortical, por lo que también se les llama márgenes convergentes.





**FIGURA II. 4: Características del Margen Continental Activo.**

## 2.2 MARCO TECTONICO REGIONAL

La cordillera de los Andes constituye una de las cadenas de montañas más impresionantes del planeta. Los Andes se encuentran situados sobre una zona de convergencia entre las placas oceánicas Nazca y Cocos las cuales subductan debajo de la placa continental de América del Sur (*FIGURA II.5*). Jordan et al (1983) divide la Cordillera de los Andes en tres segmentos:

- **Los Andes Septentrionales:** Se extiende desde Venezuela (12°N) hasta el Norte del Perú (4°S), este segmento resulta de la interacción de la placas Caribe, Cocos, Nazca y Panamá. Los Andes Septentrionales occidentales responden a fenómenos ligados a la acresion de fragmentos de corteza oceánica y de arcos insulares producidos durante el Cretáceo superior y Paleoceno están ligados al levantamiento de series Paleozoicas deformadas y terrenos precámbricos (*FIGURA II.6*).
- **Los Andes Centrales:** Se prolongan desde el Norte de Perú (4° latitud S) hasta Argentina (40° latitud S). La estructuración de este segmento resulta de la subducción de la placa oceánica Nazca/Farallón debajo de la placa continental Sudamericana. La velocidad de subducción varia entre 78 mm/an y 84 mm/an.

*NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA  
LANCONES*

La parte Sur de los Andes Centrales está caracterizada por la presencia del Altiplano, la cual se desarrolla entre las cordilleras Occidental y Oriental. La parte Norte de los Andes Centrales se articula únicamente sobre una gran cordillera (Occidental/Oriental) generando en su borde oriental una vasta cuenca de Antepaís (*FIGURA II.7*).

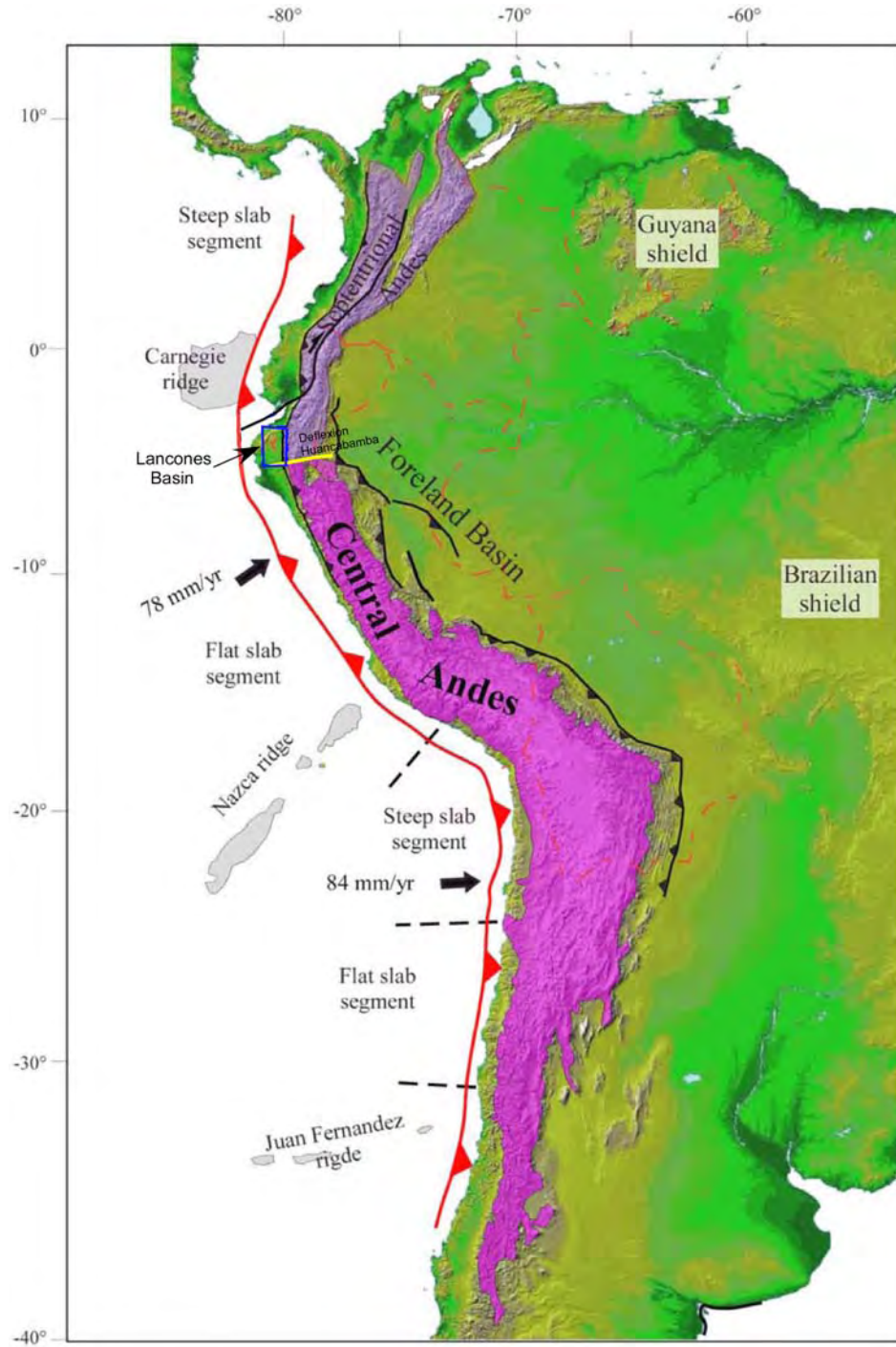
- ***Los Andes Meridionales:*** Se desarrollan entre 40° y 55° de latitud S. Este segmento es interpretado como resultado de la subducción de las placas Nazca, Antártica y Scotia debajo de la placa continental.

De Norte a Sur, la Cordillera de los Andes muestra importantes variaciones geométricas y morfológicas, las cuales pueden correlacionarse con la variación latitudinal del ángulo/velocidad de subducción, la interferencia de dorsales oceánicas (ridges de Carnegie, Nazca, Juan Fernandez, etc.) y las zonas de fracturas de la corteza oceánica como por ejemplo Grijalva, Sarmiento, Alvarado, la dinámica de las cuencas de antepaís Foreland Basin System, etc. (*FIGURA II.5*).

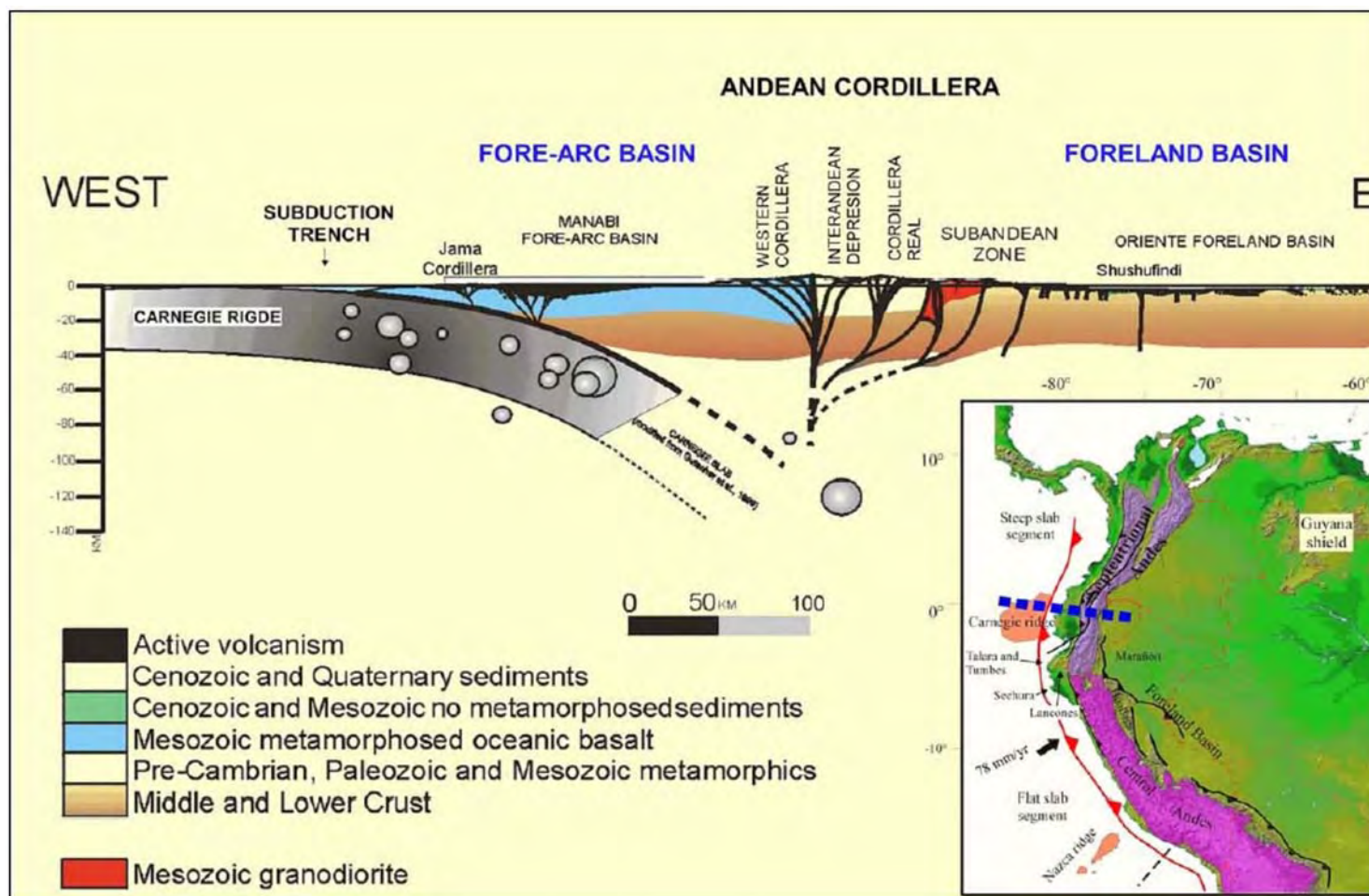
La corteza oceánica que entra en subducción en la fosa peruano-ecuatoriana se encuentra separada por la fractura Grijalva de orientación N60°. Esta fractura atraviesa la fosa de subducción al nivel de 3° de latitud S.

Al Norte de la fractura Grijalva, la corteza oceánica es más moderna  $\pm 24$  Ma y se encuentra constituido por las placas Cocos-Nazca creadas después de la fragmentación de la placa Farallón producido alrededor de 26 Ma. Al Sur de la fractura Grijalva (actual posición de la cuenca Talara Tumbes) la corteza oceánica es más antigua ( $\pm 30$  Ma).

*NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA  
LANCONES*

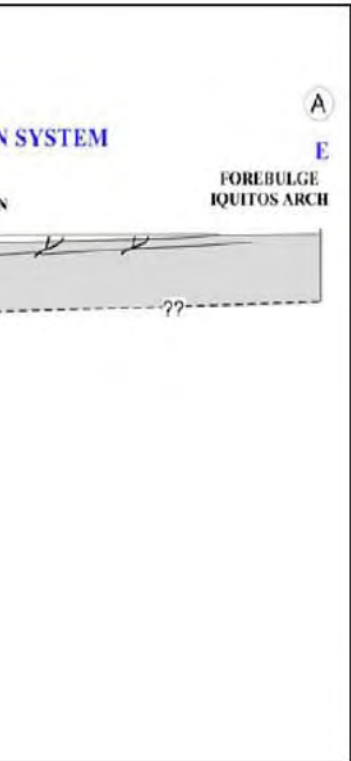


**FIGURA II. 5:** Imagen satelital SRTM ([www2.jpl.nasa.gov](http://www2.jpl.nasa.gov)) donde se encuentra la configuración morfológica de la Cordillera de los Andes; la segmentación del plano de subducción, las diferentes dorsales (rigdes) sísmicas y la localización de la cuenca Lancones.



**FIGURA II. 6:** Configuración morfo-estructural E-W de los Andes Septentrionales ecuatorianos latitud 0° (según Baby et al., 1999) mostrando la localización del forearc basin dentro el contexto de la Cordillera Andina.





*de las cuencas forearc*

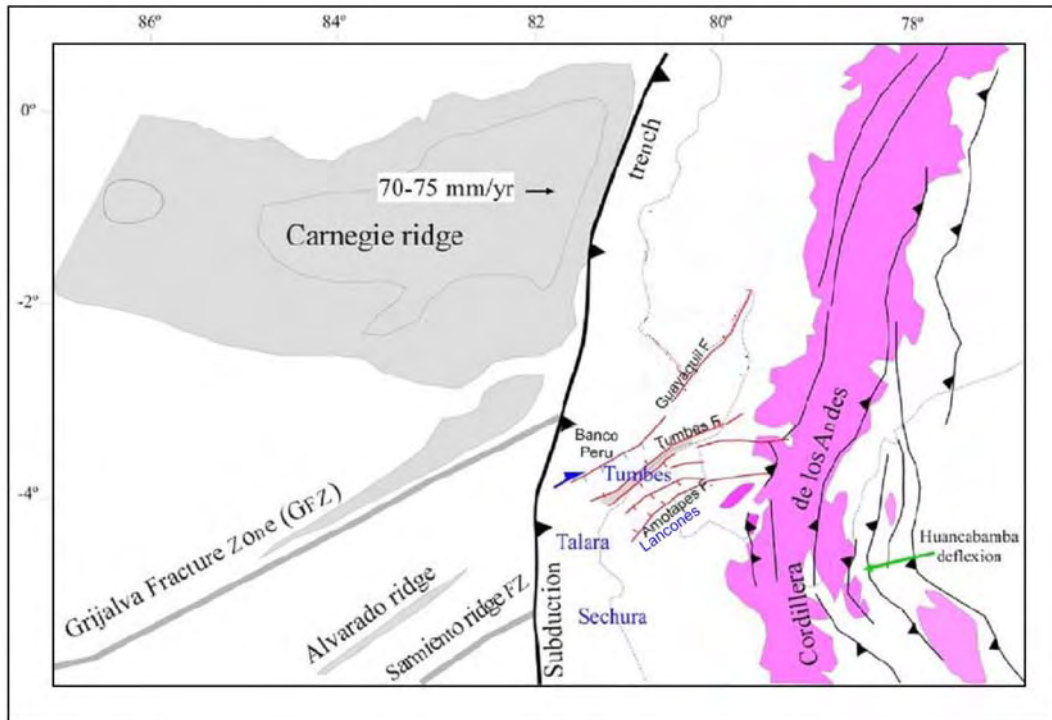


La cinemática relativa entre las placas oceánica y sudamericana durante el Cenozoico realizados por, muestran que, la velocidad de convergencia entre las dos placas es máxima durante el Eoceno medio-superior ( $240 \pm 80$  mm/an) y el Mioceno superior ( $125 \pm 33$  mm/an) mientras que, se mantiene constante durante los últimos 10 millones de años. La dirección de convergencia de placas durante el Cenozoico es oblicua (N65°-N85°). El periodo más importante de reorganización en la cinemática de placas se produce durante el Oligoceno superior (entre 27 y 26 Ma). Este periodo está caracterizado por el fracturamiento progresivo de la placa Farallón generando la creación de las placas Cocos y Nazca, correlacionados posiblemente con la disminución y estabilización de la oblicuidad de la convergencia desde el Mioceno inferior.

Este periodo, Oligoceno superior, representa el inicio de la estructuración reciente de los Andes Septentrionales así como de las modernas cuencas forearc Tumbes-Progreso.

La dorsal “ridge” Carnegie que pasa en subducción entre 0° y 2° latitud S (*FIGURA II.8*), se creó posiblemente durante el Mioceno inferior. La edad de arribo y subducción de esta dorsal “ridge” asísmica es muy controversial. Se indica que el ridge de Carnegie entra en subducción durante el Pleistoceno inferior ( $\pm 1.4$  Ma). Sin embargo recientes trabajos indican que entra en subducción desde 2 Ma y más probablemente a partir de 8 Ma.

La geometría de subducción de la placa oceánica varía latitudinalmente. A partir de estudios de sismicidad, vulcanismo y topografía muestran que entre 2.5° latitud N y 1° latitud S, la zona de subducción está marcado por la ausencia de sismicidad a una profundidad intermedia. Esta zona corresponde a la subducción de la dorsal de Carnegie y el desarrollo de un amplio arco volcánico.



**FIGURA II. 8: Distribución de los diferentes elementos estructurales que controlan la evolución tectono sedimentario de la cuenca Lancones y su relación con áreas vecinas.**

La región que comprende entre 1° y 2° de latitud S (cuenca de antearco Manabí) corresponde a una zona con un alto ángulo de subducción, esta región se caracteriza por el desarrollo de un estrecho arco volcánico. Al Sur de 2° de latitud S (posición actual de las cuencas antearco Lancones, Talara Tumbes, Sechura, Trujillo), se caracteriza por presentar un bajo ángulo de subducción, así mismo esta zona no presenta una actividad volcánica.

La cuenca Lancones que representa nuestra área de interés, se encuentra ubicada en el noroeste peruano. Morfo-estructuralmente corresponde a la zona de transición entre los Andes Septentrionales y los Andes Centrales, limitados por la deflexión de Huancabamba (FIGURA II.5). De acuerdo a su posición dentro de la Cordillera de los Andes, la región de antearco del noroeste del Perú y suroeste de Ecuador están representadas por las cuencas de Lancones, Tumbes – Progreso y Talara (2°S - 4°S, FIGURA II.7 Y FIGURA II.8). Las cuencas de antearco se forman entre la zona de subducción y el arco volcánico, su tamaño depende principalmente del ángulo y

velocidad de subducción. La subsidencia tectónica está controlada por el peso del prisma de acreción y la carga de sedimentos de la cuenca.

La configuración estructural actual de la cuenca Lancones resulta de una compleja historia cenozoica en la parte sur y cretácica en la parte norte que implica la interacción de diferentes procesos tectónicos, eustáticos y sedimentarios controlados por la variación en la dirección y velocidad de convergencia relativa de las placas, subducción de dorsales asísmicas y la estructuración de los Andes.

## **2.3 LAS GRANDES ETAPAS DE DEFORMACION ENTRE 0° Y 16°S**

### **2.3.1 TECTONICA ANTE-ANDINA**

Entre 0° y 16°S, comprende a los Andes Centrales y la terminación sur de los Andes Septentrionales (noroeste peruano). Dentro de este intervalo, diversos fenómenos tectónicos tuvieron lugar desde el Paleozoico Inferior.

Clásicamente se considera que durante el Cámbrico Inferior y el Ordovícico Inferior, el borde occidental de América del Sur correspondía a una margen pasiva (Sempere 1995). La expansión máxima de facies marinas en el continente sudamericano se situó probablemente en el intervalo Arenigiano – Llanviarniano. Las superficies de depósito sometidas a la influencia marina disminuyeron en el Ordovícico Medio, mientras que a partir del Ordovícico Superior retomaron su carácter expansivo que continuaría hasta el Silúrico.

Durante el Ordovícico y parte del Silúrico, la sedimentación comprendía los bordes de una cuenca intracratónica de tipo rift situada entre dos áreas cratónicas “estables” que correspondían al Escudo Brasileño y al Macizo de Arequipa. Al curso del Dévónico Superior y Carbonífero Inferior una cuenca de antepaís se estableció sobre una gran parte de la margen occidental de los Andes Centrales, esto en respuesta a la actividad tectónica y magmática.

Durante el intervalo Devónico – Carbonífero, la orogenia herciniana se desarrolló sobre el borde occidental del continente sudamericano, y fue seguida por el emplazamiento de

un importante rift permo-triásico, asociado al debut de la fragmentación de la Pangea. Este rift iniciado durante el desmantelamiento de la cadena herciniana continuó hasta el Jurásico, fue acompañado por el establecimiento de depósitos marinos y someros y magmáticos (Sempere *et al.*, 1998).

A partir del Jurásico, una zona de subducción se estableció sobre la margen occidental de América del Norte y de América del Sur y fue acompañada de un magmatismo de arco. Al Este de este arco volcánico se desarrolló una cuenca extensiva de tipo de tras-arco o "*back arc*". Al Oeste del arco volcánico secuencias sedimentarias volcano-clásticas son interpretadas como depósitos de ante-arco o "*fore arc*".

Entre el Jurásico terminal y Cretácico precoz el régimen tectónico se manifestó por un tectónica transtensiva que originó una cuenca de tras-arco, asociada a importantes movimientos transcurrentes. En efecto, Jaillard (1994) describe en el NW peruano, al sur del Ecuador, una compresión oblicua asociada a una colisión oblicua de bloques alóctonos individualizados durante el Titoniano. Durante esta época, el oriente ecuatoriano y el conjunto peruano-boliviano, se caracterizaron por eventos extensivos.

El Albiano es distinguido por importantes efusiones volcánicas (parte occidental del Perú y sur de Ecuador) que desaparecen entre el Albiano y Cenomaniano. Al mismo tiempo se desarrolló un evento tectónico compresivo importante que afectó solamente la porción oeste de la margen y es llamada "Fase Mochica" (Mégard 1984, Vicente 1989, Jaillard 1994). En el Perú central, esta época es marcada por el emplazamiento del Batolito de la Costa.

Es así, que se considera que los movimientos tectónicos andinos comienzan desde el Triásico Superior, con la extension que guía la sedimentación mesozoica. Sin embargo, la tectónica andina propiamente dicha, o sea la tectónica en compresión se manifestó a partir del Cretácico.

### **2.3.2 TECTONICA COMPRESIVA ANDINA**

El ciclo sedimentario andino se estableció sobre la margen continental a partir del inicio de la subducción bajo la placa sudamericana desde el Jurásico Superior, no obstante, la tectónica compresiva que afectó la extremidad Este del *back-arc*, se manifestó desde el Turoniano.

La tectónica compresiva andina se establece en respuesta a los cambios de velocidad y de la dirección de convergencia de las placas subductadas bajo la placa sudamericana. En efecto, estos eventos se caracterizan por largos periodos de inestabilidad tectónica y breves episodios de relativa quietud tectónica (Noblet *et al.*, 1996). De una manera o de otra, después de la instauración de esta tectónica en compresión ella se desarrolla de manera continua, es decir desde el Albiano-Cenomaniano (dominio andino) y Turoniano (dominio subandino) hasta el Cuaternario. Esta deformación "continua" se desarrolló en el tiempo y el espacio con diferentes intensidades y con un control probable de la paleogeografía pre-cretácica. El análisis, efecto y la respuesta sedimentaria de la tectónica en compresión sobre la cuencas Lancones serán abordados en los siguientes capítulos.

### **2.4 GEOMETRIA DE PLIEGUES RELACIONADOS A CORRIMIENTOS**

Se presenta una clasificación de los pliegues de cabalgamiento en la que se explica en detalle la geometría de los pliegues de flexión de falla (fault-bent folds), de propagación de falla (fault-propagation folds) y de despegue (detachment folds). Por último se explican brevemente las técnicas propuestas para distinguir los diversos tipos de pliegues relacionados con corrimientos.

Por lo general en la naturaleza los pliegues y las fallas son estructuras que se encuentran estrechamente relacionadas tanto espacial como temporalmente. Las relaciones entre estas estructuras podrían sintetizarse en dos tipos principales:

En algunos casos las fallas son sencillamente estructuras secundarias que se forman como respuesta al plegamiento. Por ejemplo, cuando un conjunto de capas competentes se pliega por deformación longitudinal tangencial, en los arcos externos de los pliegues

se produce un estiramiento que puede dar lugar a la formación de fallas normales, mientras que en los arcos internos se produce una compresión que puede generar fallas inversas.

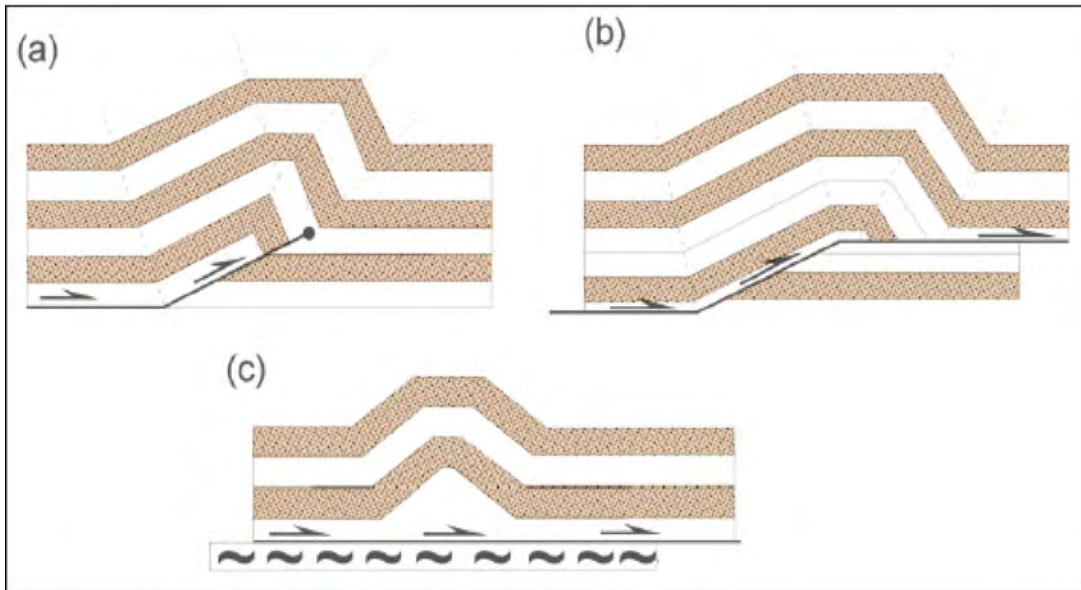
En otros casos, sin embargo, los pliegues son el resultado directo del desplazamiento de los bloques a lo largo de la falla. Son los llamados pliegues relacionados con fallas (fault-related folds).

Los pliegues relacionados con cabalgamientos tienen escalas horizontales variables, pero por lo general no superan los 10 Km. Su forma puede ser muy variada, desde pliegues isoclinales a pliegues suaves, simétricos o asimétricos, paralelos o bien flancos y/o charnelas engrosados, así como pliegues redondeados.

Por lo que respecta a los corrimientos con los que los pliegues están relacionados, se han descrito fallas planas, lítricas o bien en forma de escalera, y los cambios de buzamiento de la falla pueden ser progresivos o abruptos. Los pliegues con corrimiento se clasifican en:

- ***Pliegues de Flexión de Falla:*** Son también llamados pliegues de rampa (ramp-flat folds) son aquellos que se forman como resultados del movimiento de un bloque de falla a lo largo de una superficie de falla no planar, lo cual causa la flexión del bloque de falla y por lo tanto la formación del pliegue. Aunque por lo general se forman en el bloque superior de la falla, pueden desarrollarse también en el bloque inferior o en ambos bloques (*FIGURA II.9(b)*).
- ***Pliegues de Propagación de Falla:*** se forman contemporáneamente a la propagación de la falla en situación de rampa a través de una serie de estratos, de forma que el acortamiento da lugar a la formación de un pliegue en la zona próxima a su terminación (*FIGURA II.9(a)*)
- ***Pliegues de Despegue:*** A diferencia de los pliegues de flexión o de propagación de falla, no están asociados con una rampa en la falla, sino que se forman en relación con un cabalgamiento paralelo a las capas (despegue). Pueden generarse en la zona próxima a la terminación de un cabalgamiento o bien en cualquier

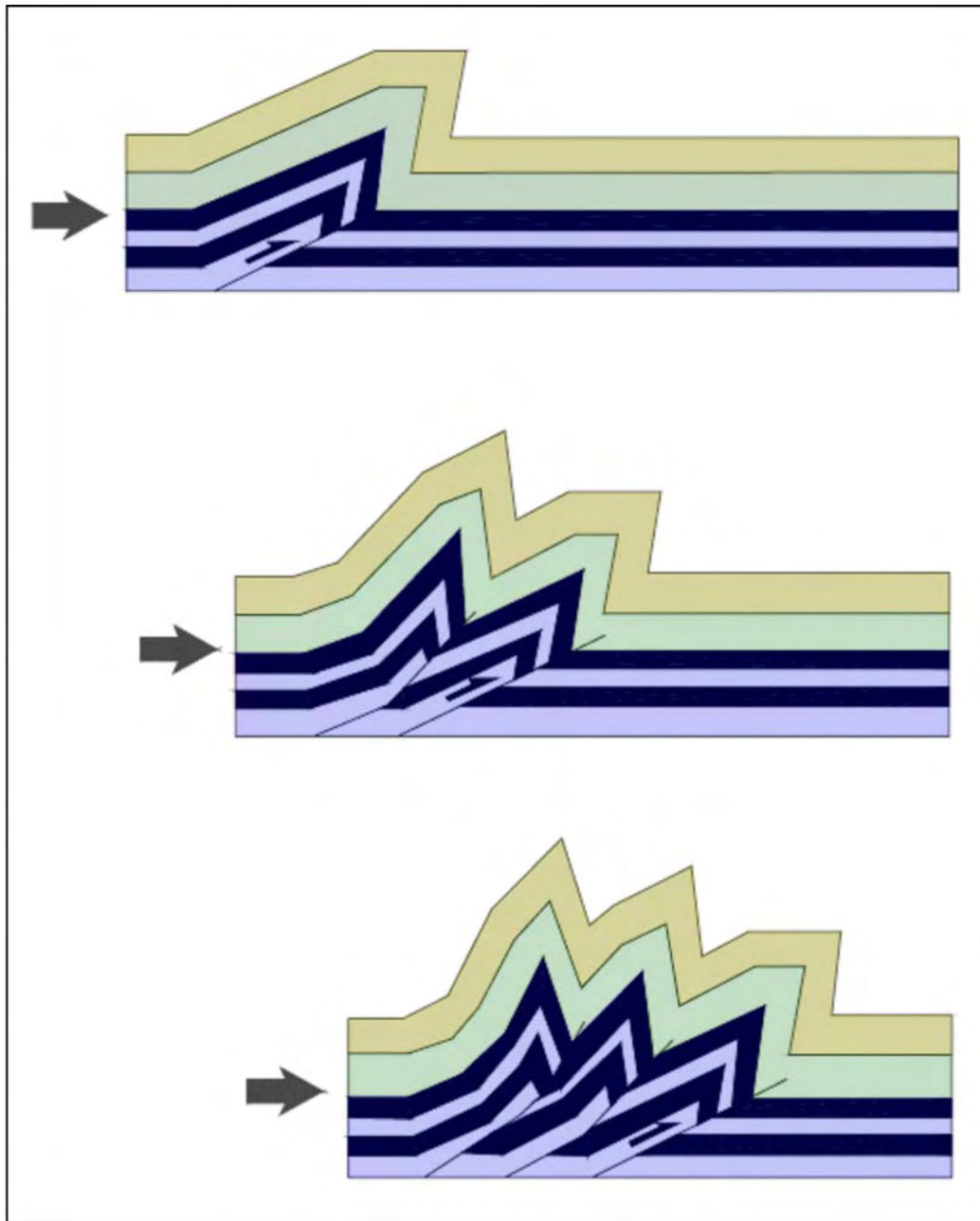
otra zona a lo largo del cabalgamiento si se produce una disminución brusca en la cantidad de desplazamiento a lo largo de este. Los pliegues despegados pueden estar limitados por un despegue inferior, por uno superior o por ambos (*FIGURA II.9(c)*).



**FIGURA II. 9:** *Tipos de pliegues desarrollados en un corrimiento: a) pliegue por propagación de falla, b) pliegue por flexión de falla, c) pliegue por despegue simple.*

## 2.5 CORRIMIENTOS EN SUPERFICIE Y SU RELACION CON LA EROSION

Las escamas tectónicas son el producto de la imbricación de fallas o de un solapamiento de pliegues de propagación de fallas. La *FIGURA II.10* muestra la dinámica de ese tipo de falla y el orden de formación de cada uno de esos pliegues. Las fallas asociadas a este tipo de sistema, pueden estar emergiendo, o por erosión afloran en superficie o sencillamente rompen hasta aflorar en la superficie y cuando esto último ocurre, se origina la escama tectónica, la cual es limitada por 2 corrimientos o cabalgaduras sub-paralelas que afloran en superficie (McClay, 1992).



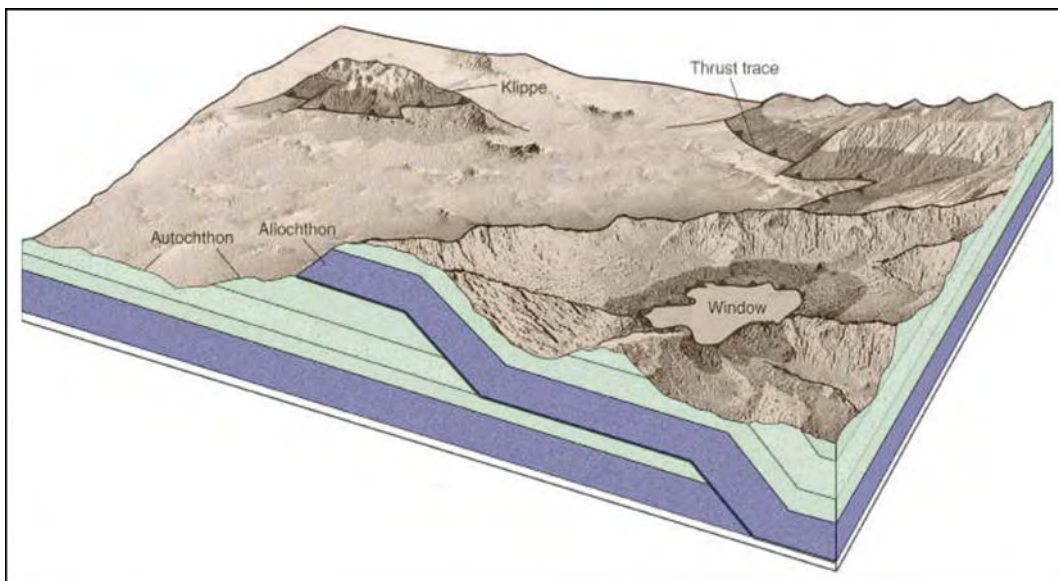
**FIGURA II. 10: Sistemas de imbricación de pliegues de propagación de fallas.**  
(McClay,1992).

En la *FIGURA II.11* se muestra un esquema de la relación de los corrimientos vistos en superficie y la relación de erosión.

- Rocas Autóctonas: Generalmente son las rocas que contiene la rampa o la superficie de falla y son rocas sedimentadas en la cuenca y que no han sufrido ningún movimiento.



- Roca Alóctona: Son rocas transportadas por los cabalmientos o rampas de falla desde lugares donde se depositaron hasta donde se ubican en la actualidad y estas rocas son de edades más antiguas que las rocas autóctonas. Sin embargo se dan casos donde las rocas presentan edades contemporáneas que el autóctono.
- Ventana: Esta estructura se define como aquella roca autóctona que está rodeada por rocas alóctonas movilizadas por el cabalgamiento, debido a que la erosión rebaja el manto de rocas transportadas. Generalmente estas ventanas muestran la superficie de falla.
- Semi-ventana: La roca autóctona rodeada parcialmente por roca autóctona movilizada por el cabalgamiento.
- Klippe: Son porciones o pequeños montículos de roca alóctona rodeada por roca autóctona. Este tipo de estructura es producto de la erosión diferencial que ocurre alrededor de estos montículos.

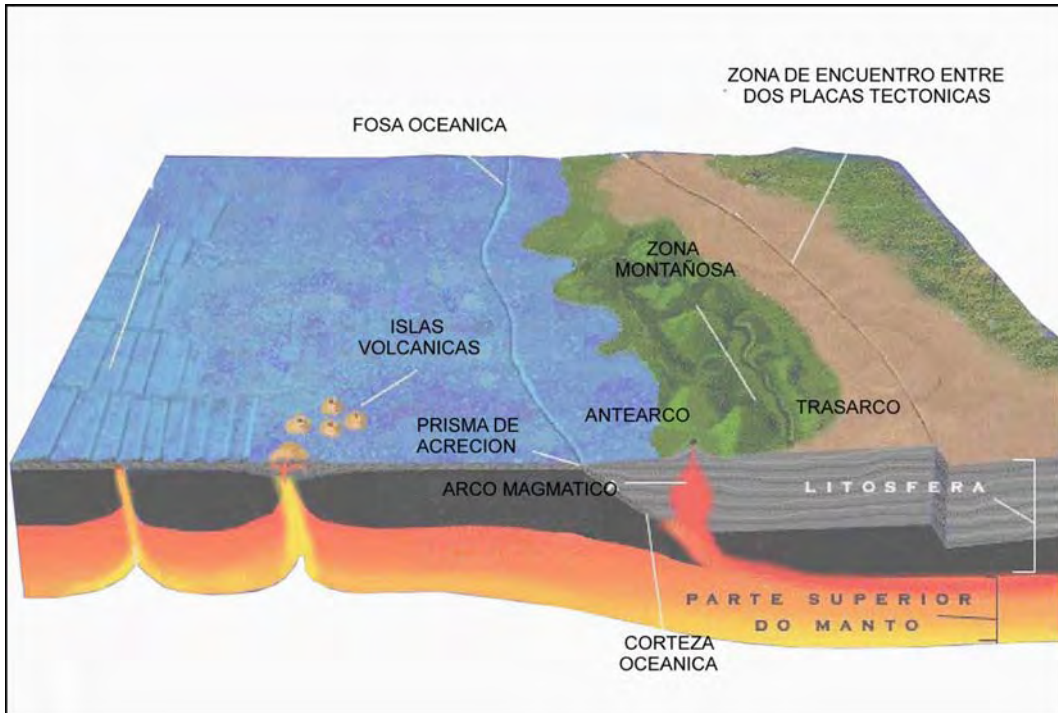


**FIGURA II. 11: Esquema de cabalgamientos y estructuras asociadas en superficie.**

## **2.6 CUENCAS DE ANTEARCO**

Los márgenes convergentes se inician debido a un proceso de envejecimiento de la litosfera, un enfriamiento y aumento de densidad de la misma y un desacoplamiento en

el límite océano-continente (Keary y Vine, 1990). En esta transformación de margen pasivo (divergente) a margen activo (convergente) empiezan a producirse notables modificaciones en el antiguo margen, en especial en las proximidades de la fosa y sobre la vertical de la zona de subducción. Cuando la zona de subducción se localiza en el antiguo límite de la corteza continental-corteza oceánica adyacentes se individualizan, desde el océano al continente, los siguientes dominios: fosa, prisma de acreación, arco volcánico y cuenca intraarco (*FIGURA II.12*).



***FIGURA II. 12: Cuencas vinculadas con fenómenos de subducción(Univ. of Illinois  
at Chicago. Earth and Environmental Sciences.)***

El arco volcánico es el elemento más notable en todos los márgenes convergentes y el que condiciona la modificación de la cuenca sedimentaria previa. En el caso de los márgenes convergentes adyacentes a un continente el arco volcánico (arco continental) está constituido por corteza continental engrosada y elevada debido a los efectos del metamorfismo y magmatismo ligado a la subducción. En el caso de zonas de subducción interoceánicas el arco (arco insular) esta inicialmente constituido por corteza oceánica pero con la sucesiva entrada de material ígneo se transforma en una corteza de carácter intermedio. En ambos casos el arco es un relieve elevado en el que

no hay sedimentación y en el que se inicia un proceso de erosión, constituyendo una nueva área fuente que hasta el momento no existía.

La fosa es la expresión morfológica en el fondo marino de la zona de subducción, en ellas se pueden alcanzar profundidades cercanas a 11 Km. La parte más profunda es horizontal debido a la sedimentación (material hemipelágico y turbiditas) que se depositan en ella.

El prisma de acreción o complejo de acreción es un apilamiento de escamas aplanadas, separadas por contactos anormales con una curvatura con la convexidad hacia el arco. Los materiales que la constituyen son los eupelágicos llevados sobre la corteza oceánica que se hunde en la fosa y los depositados en la propia fase.

La cuenca antearco es la que se forma sobre el prisma de acreción y que se dispone entre el arco y la fosa. Su estructura interna es muy simple ya que mientras tiene lugar el depósito en ella apenas hay deformación. Muchas de estas cuencas evolucionan desde una fase inicial de tipo rift, caracterizada por sedimentación marina profunda, a otra de plataforma con sedimentación marina más somera, hasta que finalmente se pasa a un registro predominantemente continental. El primero de estos estadios se caracteriza por depósitos muy potentes de abanicos submarinos de escasa dimensión, con dominio de sedimentación gruesa, que aparecen cubriendo a sedimentos pelágicos y hemipelágicos. Los abanicos submarinos son alimentados desde distintos puntos del arco magmático vecino. En regiones intra-oceánicas el aporte es esencialmente producido desde el arco magmático, en tanto que en los márgenes continentales también puede haber contribuciones desde áreas positivas vecinas al arco magmático. El estadio siguiente se caracteriza por sedimentación marina somera. Puede haber tanto desarrollo de sedimentos silicoclásticos como carbonáticos. El registro sedimentario está controlado por la subsidencia (que es mayor en el centro de cuenca), el ascenso del prisma de acreción y el ascenso tectónico del arco magmático. Los depocentros migran hacia el interior marino.

## **2.7 PRINCIPALES CUENCAS DE ANTEARCO PERUANAS**

Actualmente en el Perú son consideradas cuencas de antearco las cuencas Tumbes Progreso, Talara, Lancones, Sechura, Salaverry, Trujillo, Lima, Pisco y Mollendo; en su mayoría todas se encuentran en el zócalo continental (*FIGURA II.13*).

Todas estas cuencas presentan una misma historia cenozoica, ya que se encuentran controladas por la subducción de la placa de Nazca. Los parámetros más importantes que afectaron el régimen de subducción y consecuentemente controlan la tectónica de las cuencas de Antearco son:

- Las variaciones en los regímenes relativos de convergencia y subducción.
- Las variaciones en la dirección de convergencia.
- Las variaciones en el ángulo de subducción.



*LANCONES*



*Sechura, Trujillo, Salaverry, Lima, Pisco y Mollendo.*

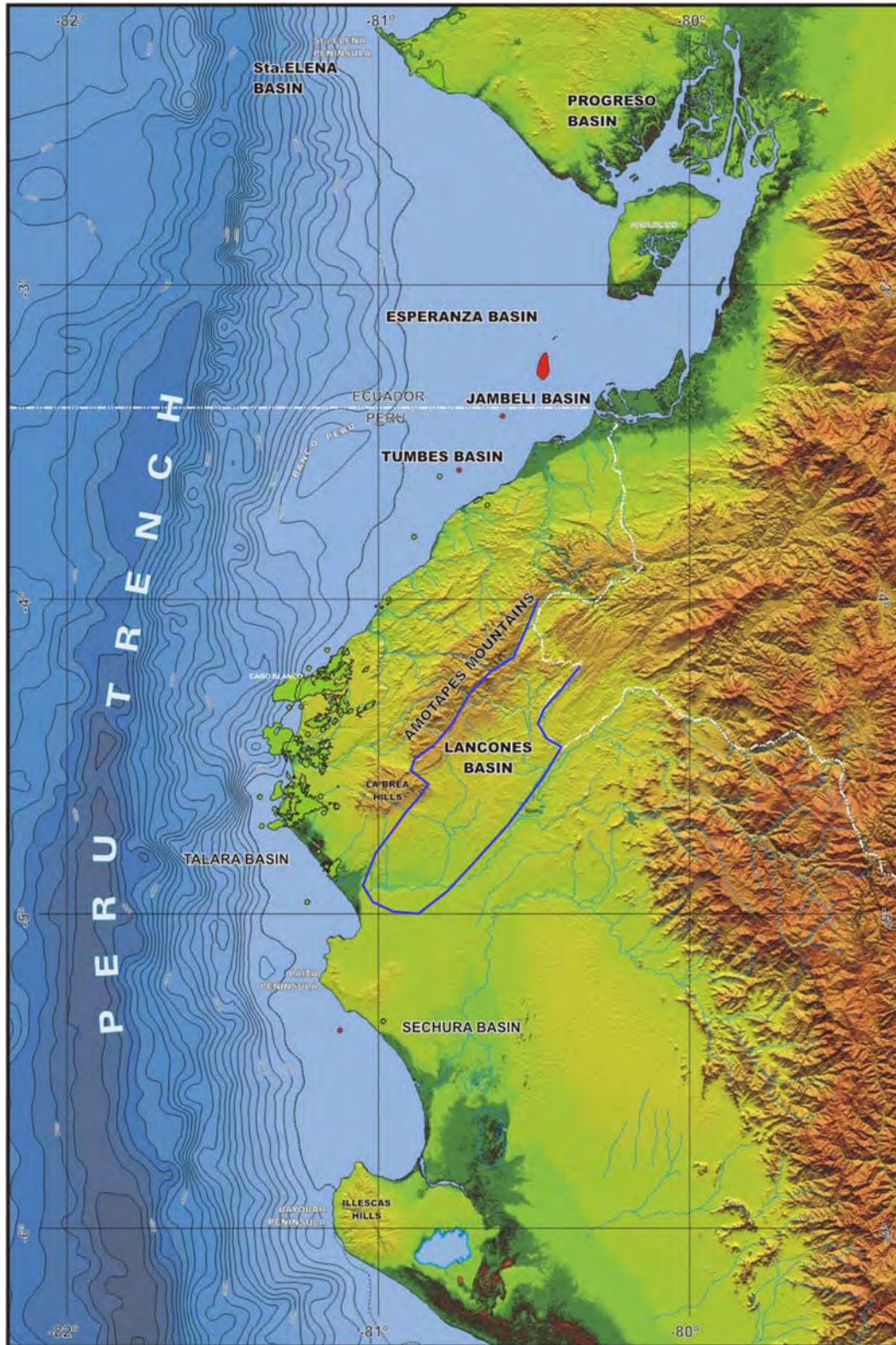
## 2.8 UBICACIÓN Y LÍMITES DE LA CUENCA LANCONES

La cuenca Lancones está ubicada al noroeste del territorio Peruano entre las cuencas Talara y Tumbes al oeste, la cuenca Sechura al sur y las cuencas Santiago-Marañón al este. Es lindado sobre el oeste por una cadena montañosa alargada NE-SO (Amotape-La Brea) y al este por el arco volcánico Celica, ubicada a lo largo del margen izquierdo del río Chira. La cuenca se prolonga al noroeste, más allá de la frontera Peruana en Ecuador (*FIGURA II.14*).

La cuenca Lancones consiste en dos provincias geológicas distintas separadas a partir de la falla Huaypirá, uno al norte de la falla que consiste en terrenos montañosos de sedimentos Cretácico (Albiano a Campaneano) en donde se aprecia grandes estructuras anticlinales NE-SO, los sedimentos cretácicos de esta parte de la cuenca descansan en discordancia hacia el NO sobre el paleozoico del Macizo de Amotape, y hacia el SE sobre el arco volcánico calco–alcalino cretácico Célica (Jaillard et al, 1999). La otra ubicada al sur de la falla Huaypirá, de terreno relativamente plano de sedimentos Paleógenos (Paleoceno a Eoceno), que se encuentran en discordancia angular sobre los sedimentos Cretácicos del norte.



*NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA  
LANCONES*



**FIGURA II. 14:** *Ubicación y Limites de la cuenca Lancones (Infologic, 2006).*

## **CAPITULO III**

### **ESTRATIGRAFIA DE LA CUENCA LANCONES**

La columna estratigráfica de esta cuenca ha sido estudiada por diversos autores desde hace varias décadas. La nomenclatura estratigráfica usada en este estudio guarda relación mayormente con los estudios realizados anteriormente, los que han permitido uniformizar la estratigrafía del área estudiada y establecer la correlación con unidades de alcance regional en el Noroeste Peruano (*FIGURA III.1*).



### **3.1 SINTESIS**

Las campañas desarrolladas en el marco del convenio IRD-PERUPETRO-BPZ consistieron en estudiar las secuencias sedimentarias que se podían observar en los afloramientos. La compilación de los datos de campo de las campañas de Patrice Baby, Mayssa Vega y Juan Carlos Quinto (*FIGURA III.2*) conjuntamente con la información de expediciones de reconocimiento de campo de las campañas de PLUSPETROL S.A. y de PETROPERU nos ayudaron a ubicarnos estratigráficamente en la cuenca.

La información del pozo Abejas 1X perforado por PLUSPETROL S.A. confirma la correlación de la estratigrafía de superficie con la del subsuelo.

Con toda la información mencionada, se puede afirmar que en la cuenca Lancones afloran secuencias paleozoicas, cretácicas, terciarias y cuaternarias.

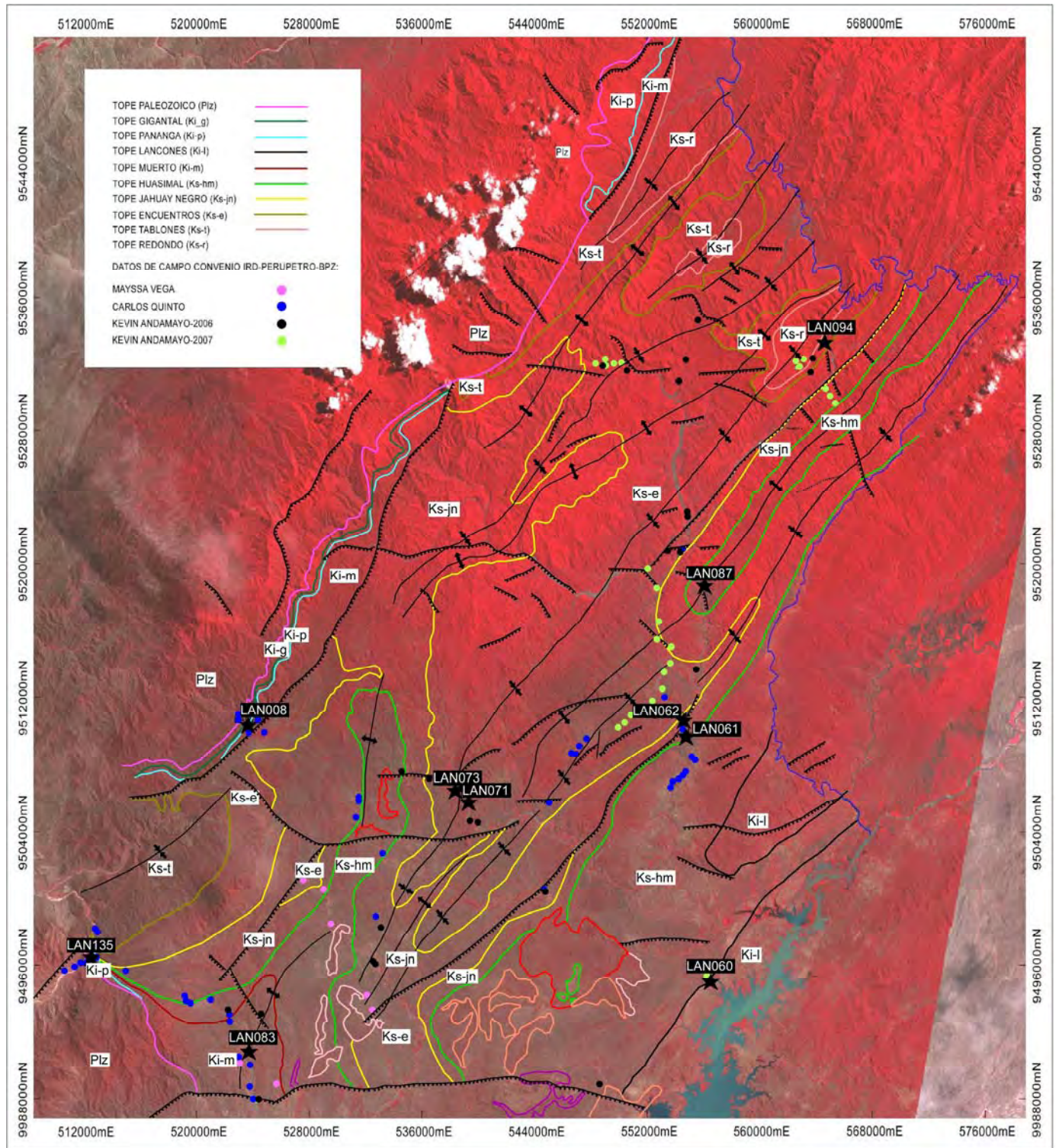
LANCONES

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA	ESPESOR (m)	LITOLOGIA	DESCRIPCION	AMBIENTE DEPOSITACIONAL
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	DEPOS. EOLICOS	20		ARENISCAS Y CONGLOMERADOS	
			DEPOS. ALUVIALES	50			
		PLEISTOCENO	TABLAZO	30			
	PALEOGENO	EOCENO	FM. MIRADOR	300		ARENISCA Y CONGLOMERADO	
			FM. CHIRA	600		LUTITAS Y ARCILLAS GRIS CLARO	PLAYAS, BARRAS Y CANALES DE MAREA
				300		GRIS ROJIZA LIMOLITA	
			FM. VERDUN	130		ARENISCAS Y CONGLOMERADOS, ARCILLITA	LLANURAS LITORALES EN SUCESION DE CICLOS TRANSGRESIVOS
				178		LIMOLITA Y ARENISCA	
		PALEOCENO	FM. CHOCAN	100		CONGLOMERADO	
MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR	FM. REDONDO	1000		LUTITAS GRIS OSC. INTERCALADAS CON ARENISCAS Y ALG. CALIZAS	
			FM. TABLONES	150		CONGLOMERADO Y ARENISCAS	
						DISCORDANCIA EROSIONAL	
			MB. QDA SECA	400		LUTITAS GRISES	
			MB. CABUYAL	200		ARENISCAS Y LUTITAS GRISES	
			MB. CHECO	390		LUTITAS GRIS OSCURA, INTERCALADOS CON LIMOLITAS Y ARENISCAS FINAS	
			JABONILLOS	190		ARENISCAS Y CONGLOMERADOS	TURBIDITICO
			MB. CULEBRAS	425		LUTITAS GRIS OSCURAS	
						GABRODORITA	
			FM. JAHUAY NEGRO	130		ARENISCAS LITIO-FELDESPATICA GRIS, GRANO FINO A MEDIO, INTERCALADA CON CHERT Y ALG. LUTITAS	
				203			
				634			
			MB. HUASIMAL	480		ARENISCA GRIS OSCURA A NEGRA, INTERC. CON ARENISCAS GRISES, GRANO FINO	TURBIDITICO
			MB. HORQUETAS	500			
				150			
			MB. VENADOS	225		LUTITAS GRIS OSCURAS	
			FM. LANCONES	300		AGLOMERADOS VOLCANICOS, BRECHAS Y ARENISCAS VOLCANOCLASTICAS	
PALEOZOICO	DEVONICO	SUPERIOR	FM. MUERTO	648		LIMOLITA Y ARENISCAS INTERCALADA CON CALIZAS GRISES	
				390		CALIZAS Y LUTITAS NEGRAS, OLOR FETIDO	PLATAFORMA
			FM. PANANGA	55		ARENISCAS, CALCARENITAS Y CALIZAS GR CLARO	PLATAFORMA SOMERA
		MEDIO	FM. GIGANTAL	100		CONGLOMERADO	ABANICO ALUVIAL A FLUVIAL
						DISCORDANCIA EROSIONAL	
		INFERIOR	FM. CHALECO DE PAÑO	540		PIZARRAS, ESQUISTOS Y CUARCITAS	
			FM. CERRO PRIETO	760		ARENISCAS CUARCITICAS GRIS CLARO, INTERCALADOS CON CONGLOM. Y ARGILITAS	
			FM. PALAUS	721		ARGILITAS Y CUARCITAS	
						DISCORDANCIA EROSIONAL	
			FM. CERRO NEGRO			PIZARRAS GRISES INTERC. CON CUARCITAS	SECUENCIA TURBIDITICA CON LEVE A MODERADO METAMORFISMO

FIGURA III. 1: Columna geológica generalizada de la cuenca Lancones (según: Reyes et al., 1987; Pluspetrol, 2002; BPZ, 2005; Quinto, 2006).



**NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA  
LANCONES**



**FIGURA III. 2: Imagen Satelital LANSAT donde se muestra los afloramientos mapeados en el sector norte de la cuenca Lancones, y los datos tomados en campo por las diferentes campañas de IRD-PERUPETRO-BPZ.**

### **3.1.1 PALEOZOICO: Grupo Amotape**

#### **3.1.1.1 Formación Cerro Negro**

**Edad:** Devoniano.

**Litofacies:** Cuarcitas, pizarras, esquistos, pizarras oscuras carbonosas, areniscas y niveles brechoides de matriz arcillo-arenosa que en conjunto presentan estructuras de compresión como micropliegues, “boudinage” y aplanamiento de los niveles cuarcíticos (Reyes, 1986).

**Espesor:** Aproximadamente 3000 m.

**Medio de Depósito:** Plataforma marina?

#### **3.1.1.2 Formación Chaleco de Paño**

**Edad:** Carbonífero Inferior (Misisipiano).

**Litofacies:** Areniscas cuarzosas de grano fino gris verdosa, lutitas y limolitas grises con aspecto pizarroso y delgados niveles de cuarcitas de grano fino (Reyes, 1986).

**Espesor:** 721 m.

**Medio de Depósito:** Marino de aguas neríticas.

#### **3.1.1.3 Formación Cerro Prieto**

**Edad:** Carbonífero Superior (Pensilvaniano).

**Litofacies:** Areniscas cuarzosas de grano fino, gris verdosas, areniscas grises de grano fino que pasan gradualmente a lutitas marrón verdosas, limolitas y niveles delgados de calizas (Reyes, 1986).

**Espesor:** 760 m.

**Medio de Depósito:** Plataforma marina?

#### **3.1.1.4 Formación Palaus**

**Edad:** Pérmico.

**Litofacies:** Argilitas grises con intercalaciones periódicas de areniscas y cuarcitas finas de grano fino a medio.

**Espesor:** 540 m.

**Medio de Depósito:** Presencia de rizaduras insinúa un ambiente marino poco profundo. Epicontinental a nerítico (Reyes, 1986).

### **3.1.2 MESOZOICO**

#### **3.1.2.1 Formación Gigantal**

**Edad:** Albiano.

**Litofacies:** Conglomerados constituidos por rodados de cuarcitas, intrusivos y argilitas con diámetros que varían entre 1 a 20 cm, se encuentran distribuidos en matriz limoarenosa. Presenta guijarros. Los materiales que componen los conglomerados son rocas provenientes del macizo paleozoico de los Amotapes. (*FOTO III.1*)

**Espesor:** Más de 100 m.

**Medio de Depósito:** Talud.





**FOTO III. 1:** Conglomerados de la Formación Gigantal, LAN010 (Qda. Potrerillo).

#### 3.1.2.2 Formación Pananga

**Edad:** Albiano.

**Litofacies:** Estratos de areniscas calcáreas grises intercaladas con niveles de conglomerados de cuarzo subanguloso a subredondeado con diámetros de 4 a 20 cm, envueltos en matriz limo-arenosa con cemento calcáreo; se presentan en estratos tabulares de 0,5 a 1,0 m. de grosor. Continúa la columna con calcarenitas y calizas gris claras en estratos tabulares que contienen bloques exóticos de calizas con presencia de bioturbación (FOTO III.2 y FOTO III.3).

**Espesor:** Entre 20 m. a 50m.

**Medio de Depósito:** Plataforma.



***FOTO III. 2: Conglomerado de la Formación Pananga, LAN135 (Qda. Potreros).***



***FOTO III. 3: Conglomerado de la Formación Pananga, LAN135 (Qda. Potreros).***

### 3.1.2.3 Formación Muerto

**Edad:** Albiano.

**Litofacies:** La Formación Muerto ha sido dividida en dos miembros:

- **Miembro Inferior:** Se inicia con calizas gris oscuras en estratos laminados y lajosos, intercalados con areniscas calcáreas gris verdosas en estratos tabulares con presencia de almohadillas calcáreas. Prosigue la columna con calizas y margas gris oscuras intercaladas con arcilitas pizarrosas en estratos de 0,5 a 1 m. de grosor. La parte superior se caracteriza por presentar calizas y arcilitas gris oscuras afectadas por estructuras de deslizamiento (Slump), también se aprecia olistolitos; cubiertos por micritas nodulares y lajosos en estratos de 10 a 15 cm intercaladas con arcilitas finamente laminadas (*FOTO III.4*). Es característica de las calizas del miembro inferior de la Formación Muerto desprender olores fétidos al ser afectados por partición. Así mismo presentan impregnaciones de petróleo y brea. (*FOTO III.5*)
- **Miembro Superior:** Está representada por limolitas gris oscuras, limo-arcilitas de aspecto astilloso intercaladas con calizas gris oscuras dispuesto en estratos tabulares de 10 a 20 cm. de grosor. Se intercalan areniscas arcósicas de grano fino de coloración gris con niveles de limoarcilitas negras. Hacia la parte superior de la unidad se observa la presencia de “Slump” que afectan al material arcilloso.

**Espesor:**

- **Miembro Inferior:** Entre 300 m y 390 m.
- **Miembro Superior:** Aproximadamente 650 m.

**Medio de Depósito:** Plataforma de Profundidad Moderada. La parte superior representa la secuencia de transición del ambiente anóxico de facies carbonatadas al inicio de la sedimentación turbidítica que perduraría durante el Cretáceo Superior.





**FOTO III. 4:** Muerto (Miembro inferior), lutitas y calizas negras (roca madre), slumps, olistolito, LAN083 (Cerca Hda. Pocitos).



**FOTO III. 5:** Formación Muerto, caliza negra con fósil de amonite, LAN008 (Qda. Potrerillo)

#### **3.1.2.4 Formación Lancones**

**Edad:** Albiano.

**Litofacies:** Se inicia con aglomerados volcánicos, flujos lávicos andesíticos e ignimbritas masivas marrón rojizo a gris claras que se intercalan con niveles volcano-clásticos. Continúa la columna con estratos irregulares de andesitas de color gris marrón, brechas piroclásticas con presencia de “bombas” de hasta 50 cm de diámetro, areniscas volcanoclásticas; culminando la secuencia con lavas andesíticas fracturadas y aglomerados volcánicos. En algunos sectores se aprecia brechas volcánicas intercaladas con capas delgadas de lutitas negras (*FOTO III.6*).

**Espesor:** Aproximadamente 300 m.

**Medio de Depósito:** Es probable que el arco volcánico haya funcionado como barrera generando una plataforma interna.



***FOTO III. 6: Formación Lancones: brechas y coladas volcánicas pasando progresivamente a lutitas gris oscuro, LAN060 (Qda. Peña Blanca).***

### 3.1.2.5 Formación Huasimal

Pertenece, como las formaciones Jahuay Negro y Encuentros, al Grupo Copa Sombrero.

**Edad:** Cenomaniano.

**Litofacies:** Está formada por tres miembros:

- **Miembro Venados:** En la parte inferior consiste de una alternancia de areniscas y limolitas con fragmentos líticos de material volcánico (feldespato y fragmentos de rocas) de color gris, arcosas de aspecto volcánico y areniscas tobáceas que se intercalan con limoarcilitas gris oscuras en estratos finamente laminados de aproximadamente 0.5 a 10 cm de grosor con geometría tabular a laminar en su conjunto. En la parte superior consiste de manera monótona de arcilitas y limoarcilitas gris oscuras con estratificación laminar que se intercalan con areniscas vulcanoclásticas en estratos de 0.5 cm. de grosor asociado a facies de talud (presencia de slumps) cortados por diques clásticos. En afloramientos aislados esta secuencia se asemeja a al Miembro Huasimal diferenciándose por la influencia volcánica que presenta la unidad. Este miembro se adelgaza hacia la parte occidental de la cuenca.
- **Miembro Horquetas:** Se inicia con areniscas vulcanoclásticas de grano medio de color marrón, brechas sedimentarias con clastos de arcillas; seguido por intercalaciones de limoarcilitas, limolitas y areniscas grises de grano fino. Continúa la columna con areniscas vulcanoclásticas de grano grueso a medio en estratos de 0.5 m de grosor cubiertos por intercalaciones de arcilitas gris oscuras, limolitas y areniscas en estratos delgados. La parte superior de la unidad culmina con areniscas vulcanoclásticas de grano grueso, areniscas conglomerádicas con matriz tobácea intercalada con limoarcilitas y lodolitas gris oscuras.
- **Miembro Huasimal:** Consiste en una secuencia de arcilitas y limoarcilitas carbonosas de color gris oscuro con esporádicas intercalaciones de areniscas de grano fino en estratos de 5 a 10 cm de grosor (*FOTO III.7*). Se reconoce dentro de la columna calcilutitas, arcosas de grano medio a grueso pobremente



*NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA  
LANCONES*

seleccionadas gris pardas, limolitas negras a gris oscuras intercaladas con areniscas arcósicas con matriz ligeramente calcárea en estratos delgados y fracturados. Entre los estratos de areniscas existen nódulos calcáreos de color gris oscuro con geometría circular y diámetro de hasta 30 cm.

***Espesor:***

- ***Miembro Venados:*** Aproximadamente 225 m.
- ***Miembro Horquetas:*** Entre 150 m y 500 m.
- ***Miembro Huasimal:*** Entre 325 m y 480 m.

***Medio de Depósito:*** Turbidítico y plataforma anóxica.



***FOTO III. 7: Fm. Huasimal, arcillitas negras (roca madre) intercalan con capas delgadas de areniscas; Miembro Huasimal, LAN087 (Qda. Encuentros).***

**3.1.2.6 Formación Jahuay Negro**

***Edad:*** Cenomaniano.

**Litofacies:** En base a perfiles estratigráficos y tomando como referencia secuencia guías como el incremento de niveles pelíticos dentro de la unidad; la Formación Jahuay Negro ha sido dividida en tres miembros:

- **Miembro Inferior:** Se encuentra representado por areniscas líticas gris pardas a gris verdosas de grano grueso. Las areniscas se disponen en estratos masivos tabulares de 1– 2 m. de grosor que contienen concreciones esferoidales de areniscas finas con cemento calcáreo (balas de cañón). Se intercala en la secuencia lutitas y limoarcilitas gris oscuras, brechas sedimentarias con areniscas líticas en estratos delgados con estructuras sedimentarias de escape de fluidos (dish structures) y superficies erosivas. En la parte superior de la unidad se observa un dique volcánico de 8m. de grosor que corresponde a una andesita basáltica de textura porfírica con erosión esferoidal.
- **Miembro Medio:** Consiste en una intercalación de limoarcilitas negras carbonosas, limolitas gris, arcilitas gris verdosas y areniscas líticas de color gris de grano fino en estratos delgados de 10-20 cm. que contienen bloques erráticos de calizas.
- **Miembro Superior:** Se presenta en estratos de areniscas líticas, arcosas, gris parduzcas compuestas esencialmente por granos de feldespato, seguido de cuarzo y fragmento de rocas volcánicas; contiene concreciones esferoidales de areniscas ligeramente calcáreas (balas de cañón) con inclusiones de arcilitas negras (brechas sedimentarias).

**Espesor:**

- **Miembro Inferior:** Entre 400 m. y 634 m.
- **Miembro Medio:** Entre 70 m. y 200 m.
- **Miembro Superior:** Entre 110 m. y 150 m.

*NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA  
LANCONES*

**Medio de Depósito:** Ambiente turbidítico (*FOTO III.8*). Fallas normales sin-sedimentarias (*FOTO III.9*).



***FOTO III. 8: Formación Jahuay Negro, lutitas y areniscas volcano-clásticas.  
Ambiente turbidítico, LAN061 (Qda. Las Horquetas).***



***FOTO III. 9: Formación Jahuay Negro, se aprecia una falla normal sin-sedimentaria, LAN062 (Qda. Las Horquetas).***

### 3.1.2.7 Formación Encuentros

**Edad:** Turoniano.

**Litofacies:** Se ha dividido en cinco miembros:

- **Miembro Culebras:** Se encuentra constituido hacia la base por una alternancia de areniscas líticas de grano medio a fino, gris claras que contienen concreciones esferoidales de areniscas de grano fino ligeramente calcáreo. Se intercalan limoarcillitas y limolitas laminares gris oscuras a gris verdosas. La columna continúa con una secuencia predominantemente arcillosa conformada por arcillitas y limoarcillitas ligeramente calcáreas con algunas intercalaciones de calizas gris oscuras en capas delgadas. Esporádicamente se observan estratos delgados de areniscas conglomerádicas y areniscas de grano grueso de color gris.
- **Miembro Jabonillos:** Se encuentra representada por rellenos de canales que se disponen en estratos irregulares de areniscas líticas de grano grueso, areniscas conglomerádicas, conglomerados subangulosos a subredondeados unidas por una matriz arenosa. El límite inferior de esta secuencia es una superficie de erosión en las limoarcillitas y arcillitas infrayacentes. Los rellenos de canal son conglomerados cuyos clastos varían de 1–10 cm. de diámetro y corresponden a clastos provenientes de cuarcitas, calizas micríticas y andesitas. Se intercalan esporádicamente arcillitas y limolitas gris oscuras en estratos de 5-10 cm. La secuencia culmina con arenisca gris verdosas de grano medio a grueso con concreciones esferoidales de areniscas de grano fino ligeramente calcáreo en estratos de 1 –10 m. de grosor, incrementándose los niveles arcillosos. La secuencia se encuentra cortada por un dique gabroide de textura porfídica.
- **Miembro Checo:** Se compone de una secuencia monótona de arcillitas y limoarcillitas gris oscuras a gris verdosas con estratificación laminar. Se intercalan ocasionalmente capas de calizas grises y areniscas de grano fino gris claras. Es frecuente encontrar en la parte inferior abundantes diques clásticos hasta de 10 cm de grosor y estructuras de deslizamiento que presentan aspecto



*NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA  
LANCONES*

caótico por estar asociados a fallas inversas y pliegues sinsedimentarios y slumps. (*FOTO III.10*)

- ***Miembro Cabuyal:*** Se encuentra constituida por una alternancia de areniscas líticas conglomerádicas con granos de cuarzo subanguloso, arenisca cuarzosa, calcarenitas, conglomerados y areniscas arcósicas con líticos subredondeados de 1–2 cm. de diámetro. Se intercalan arcilitas negras y limoarcilitas laminar gris oscuras (*FOTO III.11*).
- ***Miembro Quebrada Seca:*** Se compone por una secuencia predominantemente pelítica compuesta por arcilitas y limoarcilitas gris oscuras a negras en parte carbonosa con intercalaciones esporádicas de areniscas grises y microconglomerados en secuencia granocreciente.

***Espesor:***

- ***Miembro Culebras:*** Entre 350 m. y 425 m.
- ***Miembro Jabonillos:*** Aproximadamente 190 m.
- ***Miembro Checo:*** Aproximadamente 390 m.
- ***Miembro Cabuyal:*** Entre 150 m. y 200 m.
- ***Miembro Quebrada Seca:*** Aproximadamente 400 m.

***Medio de Depósito:***

- ***Miembro Culebras:*** Representan a las facies de abanico medio (zona de canales distributarios de lóbulos).
- ***Miembro Jabonillos:*** Esta secuencia se interpreta como facies de abanicos superior (zona de canales alimentadores).



*NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA  
LANCONES*

- ***Miembro Checo:*** Facies de talud con inestabilidad pronunciada en el ambiente sedimentario.
- ***Miembro Cabuyal:*** Turbiditas, debritas (*FOTO III.11*).
- ***Miembro Quebrada Seca:*** Representa a las facies de talud superior proximal.



***FOTO III. 10: Formación Encuentros, anticlinal de rampa sin-sedimentario; facies Checo, LAN073 (Qda. Ramadita).***



**FOTO III. 11:** *Formación Encuentros, turbiditas, debritas, Miembro Jabonillos, LAN071 (Qda. Ramadita).*

#### **3.1.2.8 Formación Tablones**

**Edad:** Campaniano.

**Litofacies:** Consiste de areniscas cuarzosas gris claras con granos subangulosos a subredondeados dispuestos en estratos tabulares, que se intercalan con conglomerados subredondeados que contienen rodados de cuarcitas, filitas, esquistos, areniscas y calizas unidas por matriz arenosa. Entre las areniscas y conglomerados se intercalan limoarcilitas laminar gris oscuras. Se aprecia facies de barra de delta. (FOTO III.12)

**Espesor:** Aproximadamente 150 m.

**Medio de Depósito:** Ambiente de Plataforma somera a litoral – Frente deltáico (Reyes, 1986).



**FOTO III. 12:** *Formación Tablones, areniscas cuarzosas de grano subredondeado, frente deltáico, LAN094 (Qda Chorrera).*

### **3.1.2.9 Formación Redondo**

**Edad:** Campaniano.

**Litofacies:** Consiste de arcilitas gris verdosas a gris oscuras con estratificación laminar, intercalándose delgadas capas de areniscas limolíticas gris y limoarcilitas gris oscuras que contienen concreciones esferoidales de areniscas de grano fino ligeramente calcáreo de hasta 25 cm de diámetro.

**Espesor:** Aproximadamente 1000 m.

**Medio de Depósito:** Plataforma de profundidad moderada de baja energía (Reyes, 1986).

### 3.1.3 CENOZOICO

#### 3.1.3.1 Formación Chocan

**Edad:** Paleoceno Superior - Eoceno Inferior

**Litofacies:** Se encuentra conformada por conglomerados de cuarcitas, intrusivos deformados, argilitas, calizas y limoarcilitas, los conglomerados presentan diámetros entre 5-25 cm. unidas por una matriz arenosa.

**Espesor:** Entre 50 m y 100 m.

**Medio de Depósito:** Marino somero a poco profundo.

#### 3.1.3.2 Formación Verdun

**Edad:** Eoceno

**Litofacies:** Ha sido dividida en dos miembros:

- **Miembro Inferior:** Se inicia con areniscas gris claras de grano grueso que cubre a una secuencia de conglomerados de color marrón rojizo. Continúa con estratos de areniscas y lodolitas, se intercalan areniscas gris verdosas de grano medio a fino, areniscas de grano grueso a conglomerádicas y horizontes de lumaquelas que es relacionado con ambientes de playa. Continúa la columna con areniscas de grano fino de color gris pardusco que presentan bioturbación y horizontes de ostras. Finalmente la unidad culmina con lodolitas y limoarcilitas.
- **Miembro Superior:** Presenta conglomerados con fragmentos subredondeados de 1- 15 cm. de diámetro unidas por matriz limo-arenosa, areniscas gris claras de grano fino a grueso con laminaciones onduladas y lodolitas rojizas. La sección continúa con areniscas gris claras de grano medio a grueso con estratificación cruzada en estratos de 0,5 m. de grosor seguido de conglomerados de rocas



*NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA  
LANCONES*

volcánicas. La sección termina con areniscas en estratos de 3 a 4 m. intercalados con limolitas abigarradas.

***Espesor:***

- ***Miembro Inferior:*** Aproximadamente 130 m.
- ***Miembro Superior:*** Aproximadamente 180 m.

***Medio de Depósito:*** El miembro superior representa facies de playa y llanuras intermareicas, subordinado a ambientes de marisma

### **3.1.3.3 Formación Chira**

***Edad:*** Eoceno.

***Litofacies:*** Consiste hacia la base de limoarcilitas laminadas que se presentan de color marrón rojizo. La parte media es una alternancia de areniscas limosas de color beige con limoarcilitas que se vuelven predominantes en la parte superior unido en conjunto con los niveles de limolitas grises (*FOTO III.13*). En esta parte de la unidad se presenta un nivel de tobas de coloración blanquecina que representa un buen nivel guía para su cartografiado.

***Espesor:*** Entre 300 m. y 600 m.

***Medio de Depósito:*** Playas, barras costeras y canales de marea.



**FOTO III. 13:** Afloramiento Formación Chira, limoarcillitas laminadas y falladas, cerca caserio Tambara, LAN080.

#### 3.1.3.4 Formación Mirador

**Edad:** Eoceno Superior.

**Litofacies:** Consiste hacia la base de areniscas tobáceas (*FOTO III.14*) de grano medio a fino de coloración blanquecina con inclusiones de feldespato y granos de cuarzo, se presentan en estratos tabulares de 0.5 a 1 m de grosor con estructuras tipo rizaduras; intercalándose limolitas pardo claras entre los estratos de areniscas. La columna continúa con areniscas de grano fino a medio de color verdoso, areniscas conglomerádicas y conglomerados con rodados de 2-10 cm de diámetro que corresponden a cuarcitas, cuarzo y fragmentos de areniscas unidas por matriz arenosa con restos de arcilla. En la *FOTO III.14* se puede observar que está en contacto erosivo con la Fm. Chira.

**Espesor:** Entre 150 m y 300 m.

**Medio de Depósito:** Deltáico (Gilbert delta).



***FOTO III. 14: Formación Mirador en contacto erosivo sobre la Fm. Chira. La base de la Formación. Mirador está constituido por un nivel de toba, cerca caserio pedregal LAN081.***

## **CAPITULO IV**

### **GEOMETRIA Y ESTILO DE DEFORMACION DE LA CUENCA LANCONES**

Para la geometría y estilo de deformación mostraremos 4 cortes estructurales construidas a partir de 5 secciones sísmica sísmicas y datos de geología de superficie a lo largo de toda la cuenca Lancones que nos permitio identificar las estructuras tanto en superficie como en subsuelo.

Para la elaboración de estos cortes estructurales, se tuvo que adquirir la mayor cantidad de información posible, para eso se utilizó una metodología de trabajo que consistió en la adquisición de datos geológicos, que fue de modo sistemático y consistió en la toma de puntos de posición con GPS prestando mayor interés a los datos estructurales (rumbo y buzamiento), y las descripciones de litofacies. Agregando a estos datos su correspondiente fotografía; que permitirá anexarlos a una base de datos SIG.

También se realizó la adquisición de información en medios digitales y físicos de trabajos anteriores realizados en la zona de estudio. Los medios digitales se basan en los informes técnicos y mapas que nos fueron de mucha ayuda para la elaboración de este trabajo y los medios físicos se utilizaron porque toda la información no se encontraba en digital.



## **4.1 ESTILO ESTRUCTURAL DE LA CUENCA LANCONES**

### **4.1.1 PRINCIPALES PLIEGUES**

Las estructuras plegadas de la cuenca Lancones se encuentra al norte de la falla Huaypirá en secuencias cretácicas con una orientación NE-SO entre la cadena montañosa de Los Amotapes y al arco volcánico Célica (*FIGURA IV.1*).

Estos pliegues son más complejos y asociados a fallas de corrimientos, esto se explicara mas adelante con la información sísmica. A continuación mencionaremos los anticlinales y sinclinales más importantes de la cuenca, según José Vargas (1970):

#### **4.1.1.1 Anticlinal Totoras**

Es el anticlinal más próximo a la cadena Amotape, tiene aproximadamente 25 Km de longitud en el Perú. El anticlinal es asimétrico, su eje aflora en las Formaciones Encuentros y Jahuay Negro, al SO el anticlinal se dispersa siendo difícil precisar su correlación exacta.

#### **4.1.1.2 Anticlinal Gallinazos**

Tiene una longitud aproximadamente de 23 Km en el Perú. El anticlinal es ligeramente asimétrico con el flanco oriental más pronunciado. Su eje aflora en las Formaciones Tablones, Encuentro y Jahuay Negro; los cierres estructurales al NE y SO son suaves con tendencia al aplanamiento de la estructura.

#### **4.1.1.3 Anticlinal Jabonillos**

Tiene una longitud aproximadamente de 25 Km en el lado peruano. El anticlinal es asimétrico, con el flanco occidental más pronunciado. Su eje aflora en la Formación Huasimal, Jahuay Negro y Encuentro; su cierre estructural al NE dentro de Ecuador y el SO por el caserío Bejucal.

#### **4.1.1.4 Anticlinal Pocitos**

Tiene una longitud aproximadamente de 16 Km, el anticlinal es ligeramente asimétrico con el flanco occidental más pronunciado. Su eje aflora en las Formaciones Huasimal y Muerto, su cierre estructural al NE es evidente en el caserío El Penco y al SO el anticlinal esta seccionado por la falla Huaypira. (*FOTO IV.1*)

#### **4.1.1.5 Sinclinal Cazaderos**

Es el sinclinal más próximo a los Amotapes, tiene una longitud aproximadamente de 16 Km en el Perú. Su eje aflora en las Formaciones Tablones y Encuentros y sus flancos se encuentran en las mismas formaciones.

#### **4.1.1.6 Sinclinal Totoras**

Tiene una orientación NO-SE y una longitud aproximadamente de 30 Km en territorio peruano Su eje aflora en las Formaciones Encuentros y Jahuay Negro.

#### **4.1.1.7 Sinclinal Quebrada Seca**

Abarca casi toda la parte sur de la cuenca con una longitud aproximada de 35 Km. Su eje aflora en las Formaciones Redondo, Tablones, Encuentros y Jahuay Negro.

#### **4.1.1.8 Sinclinal Salvajal**

Tiene una longitud aproximadamente de 25 Km. Su eje aflora en las Formaciones Jahuay Negro y Encuentros.

#### **4.1.1.9 Sinclinal Tablones**

Se encuentra cerca a los Amotapes con una longitud aproximadamente de 10 Km. Su eje aflora en la Formación Tablones.

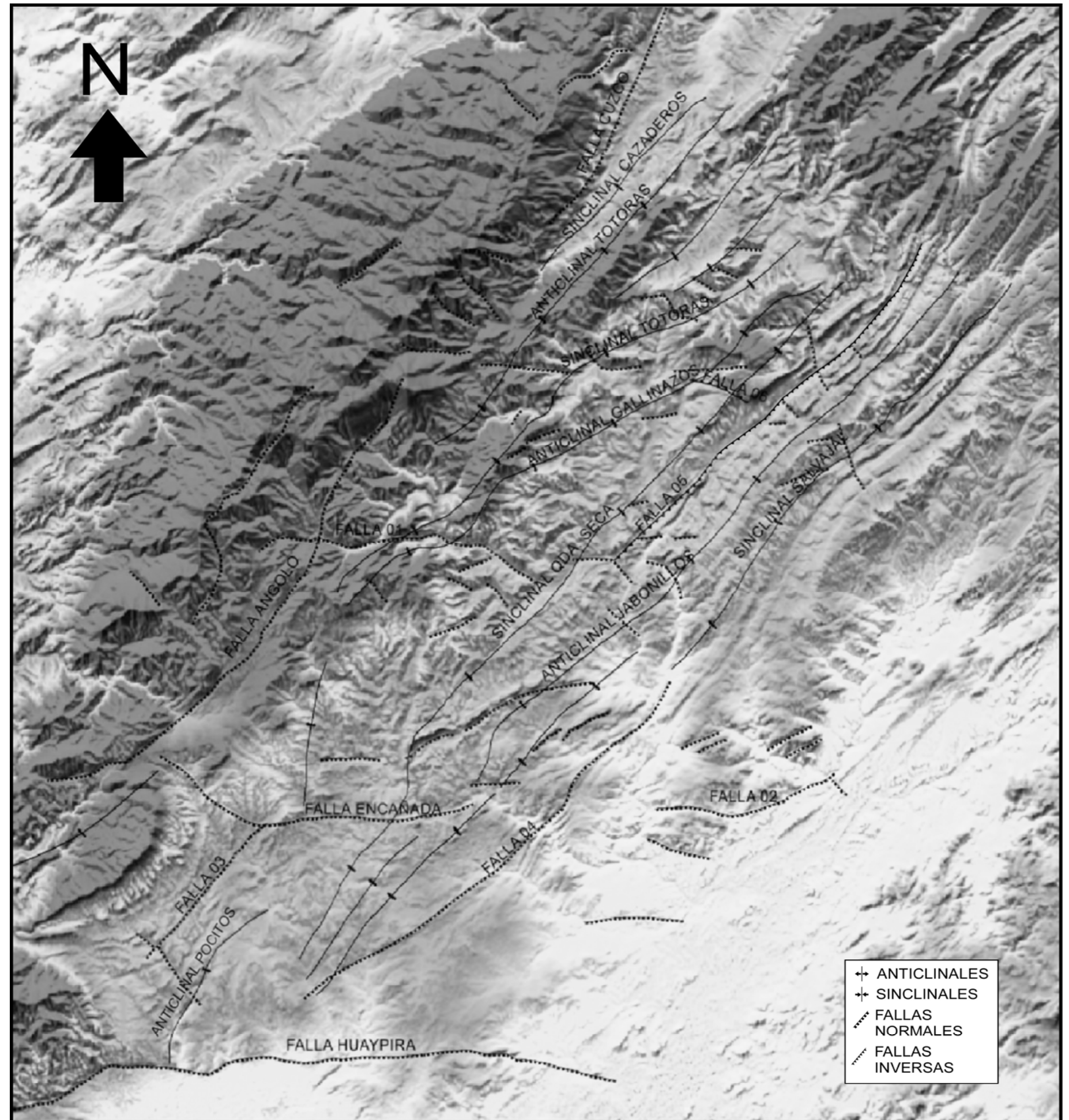


***FOTO IV. 1: Anticlinal Pocitos con rumbo NE-SO, Formación Muerto (cerca al  
caserío El Penco).***

#### **4.1.2 PRINCIPALES FALLAS**

Las principales fallas que se aprecian en superficie en la zona de investigación son de orientaciones variables. Estas fallas fueron localizadas con la ayuda de imágenes satelitales, DEM's, secciones sísmicas y datos de campo. La cuenca Lancones presenta un sistema de fallas similar a las cuencas vecinas con rumbos NE-SO, también presenta un sistema de fallas con rumbo E-O y sistemas menores de fallas con rumbo NO-SE. Por último se observó mediante las secciones sísmicas y datos de campo importantes corrimientos que se describirán más adelante (*FIGURA IV.1*).

**FIGURA IV. 1:** Imagen DEM donde se muestra los pliegues con una orientación NE-SO y las principales fallas; este mapa es compilado de información geológica existente y corregida a partir de nuestras observaciones de campo y de la interpretación de imágenes satelitales.



#### **4.1.2.1 Falla Angolo**

Es una falla normal con el bloque occidental levantado, tiene una longitud de aproximadamente 35 Km con un rumbo NE-SO. Pone en contacto a la Formación Muerto con la Formación Encuentros y la Formación Jahuay Negro.

#### **4.1.2.2 Falla Cuzco**

Es una falla normal con el bloque occidental levantado, tiene una longitud de aproximadamente 30 Km con un rumbo NE-SO. La falla pone en contacto la Formación muerto con la Formación Tablones

#### **4.1.2.3 Falla Huaypira**

Es una falla normal con el bloque norte levantado de aproximadamente 60 Km. de longitud con un rumbo E-O. Esta falla es muy importante porque pone en contacto la Formación Muerto y Encuentro con las Formaciones terciarias Verdun y Chira. Recientemente se han encontrado filtraciones de hidrocarburos a lo largo de la falla; se halló una colada de agua con petróleo y otra de crudo pesado o brea (Reporte BPZ, 2005)

#### **4.1.2.4 Falla Encañada**

Es una falla normal de aproximadamente 20 Km. de longitud con rumbo E-O, tiene el bloque norte levantado poniendo en contacto la Formación Jahuay Negro Inferior con la Formación Jahuay Negro Superior y la Formación Encuentros Inferior con la Formación Encuentros Superior.

#### **4.1.2.5 Falla 01 y Falla 02**

Tienen un rumbo E-O; son fallas normales de aproximadamente 19 Km. y 12 Km. respectivamente. El bloque sur es el que desciende en ambas fallas. Presentan la misma orientación que las fallas Huaypirá y La Encañada.

#### **4.1.2.6 Falla 03 y Falla 04**

Tienen un rumbo NE-SO; son fallas normales de aproximadamente 11 Km. y 30 Km. de longitud respectivamente, con el bloque norte levantado en ambas fallas (*FIGURA II.2*). Presentan la misma dirección que las fallas Angolo y Cuzco.

#### **4.1.2.7 Falla 05 y Falla 06**

Son las dos únicas fallas inversas emergentes que se han podido identificar en la cuenca. La primera se reconoció en el campo (*FOTO IV.3*) y la segunda con la ayuda de la sección sísmica PXII-99-01. La falla 05 presenta un rumbo NE-SW con una longitud de 7.3 Km. donde el bloque oriental es el bloque bajo y la falla 06 presenta un rumbo E-W con una longitud de 4 Km, siendo el bloque norte el bloque bajo.

### **4.2 OBSERVACIONES ESTRUCTURALES IMPORTANTES DE CAMPO**

La cuenca Lancones ha sido dividido en dos sectores como ya mencionamos anteriormente, que son definidos por los estilos de deformación observables en ellos, limitados entre sí por la falla de desplazamiento normal Huaypirá, la misma que separa en superficie los afloramientos cretáceos de los cenozoicos. Estas dos zonas son conocidas como la Faja Plegada de Lancones y la Zona de Cobertura Cenozoica.

La Faja Plegada de Lancones se ubica entre el macizo de los cerros Amotapes y el Arco volcánico Casma-Célica. Al norte se prolonga sobre territorio ecuatoriano donde culmina a la altura de Alamor y Célica. Por el sur, se trunca en la falla Huaypirá prolongándose en el subsuelo por debajo del Cenozoico.

Se verificó los sistemas de fallas normales (*FOTO IV.2*). que se observaron en base a la interpretación de imágenes de satélite e interpretación de secciones sísmicas teniendo un sistema principal dominante de azimut promedio N60°, como la falla Cuzco-Angolo, un segundo sistema de azimut N90° con grandes fallas como la Huaypirá, la Encañada y un tercer sistema N0°-30° que coinciden con la orientación de los principales pliegues. Además existe otro sistema secundario de orientación N 140°-160° como la falla Pananga.



*NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA  
LANCONES*

También se pudo apreciar en las secuencias turbidíticas, fallas inversas (*FOTO IV.3*), sobrescurrimientos que nos indican que nos encontramos en un sistema compresivo (*FOTO IV.4*), slumps que nos indica una deformación cretácica (*FOTO IV.5*) y fallas sinsedimentarias (*FOTO IV.6*).



***FOTO IV. 2: Falla normal con rumbo NE-SO, afloramiento Formación Huasimal,  
LAN085.***



***FOTO IV. 3: Falla inversa y deformación sinsedimentaria, afloramiento Formación  
Encuentros, LAN089.***





***FOTO IV. 4: Falla de sobrescurrimiento, rumbo oeste, afloramiento Formación Jahuay Negro, LAN065.***



***FOTO IV. 5: Slumps entre turbiditas, afloramiento Formación Encuentro, LAN070.***



***FOTO IV. 6: Falla normal sinsedimentario, afloramiento Formacion Jahuay Negro, LAN062.***

La Zona de Cobertura Cenozoica se ubica al sur de la falla Huaypirá y abarca todas las unidades estratigráficas que se han depositado sobre el Cretáceo durante el Cenozoico, y que se encuentran involucradas en las deformaciones más recientes. En esta zona lo más resaltante son los pliegues amplios de varios kilómetros de extensión y las fallas normales (*FOTO IV.7*).





*FOTO IV. 7: Falla normal, afloramiento Formación Chira, LAN080.*

### **4.3 TECTONICA REGIONAL**

#### **4.3.1 CONSTRUCCION DE SECCIONES REGIONALES**

El análisis regional de la geometría del sistema de fallas por corrimientos en las 04 secciones estructurales construidas a partir de la configuración y encajonamiento de la información de subsuelo y los datos de campo de diferentes campañas dentro del convenio PERUPETRO-IRD-BPZ acompañado de imágenes satelitales para una mejor exactitud y calibración nos intenta describir los esfuerzos compresivos que afectaron a la cuenca (*FIGURA IV.2*).

Para un mayor entendimiento se describirá cada sección estructural.

##### **4.3.1.1 SECCION A-B**

Tiene una longitud de 30 kilómetros aproximadamente con orientación NO-SE. Abarca desde la parte occidental, montaña de los Amotapes hasta el extremo oriental de la cuenca, cubriendo toda la superficie cretácica de la cuenca ubicada en el sector norte. Es

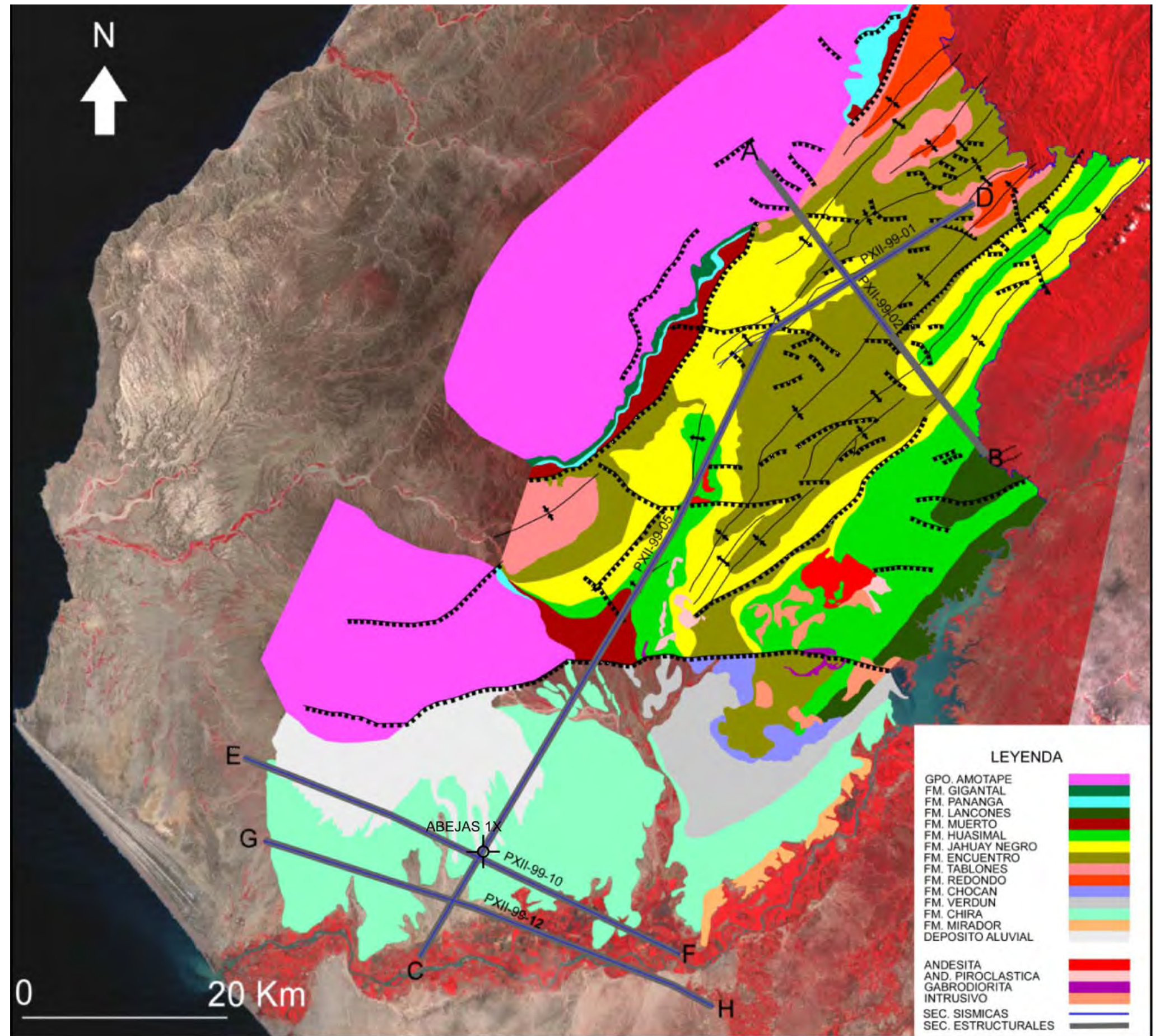
la única sección estructural que se pudo realizar en esta parte de la cuenca por carecer de información de superficie y subsuelo.

Esta sección estructural se construyó sobre la sección sísmica PXII-99-02 que tiene 10.3 kilómetros de largo y con datos de campo. Esta sección sísmica nos proporcionó una imagen de la estructura profunda de los anticlinales con orientación NE-SO que ocurren en superficie en esta parte de la cuenca. Para ser exactos se aprecia que el anticlinal Gallinazos es de tipo “fault bed fold” (anticlinal de rampa), y se extiende hacia el oeste. El despegue basal del corrimiento se encuentra en el Paleozoico y la rampa se propaga en la Formación Muerto antes de encontrar otro despegue en la Formación Huasimal, en el bloque bajo del anticlinal Gallinazos se desarrollan otros corrimientos del mismo tipo y algunas fallas normales aparecen en el núcleo del anticlinal (*FIGURA IV.3*).

Globalmente en esta sección estructural las formaciones cretácicas se acunian sobre el macizo de Amotapes, debido a que los esfuerzos compresivos que originaron los corrimientos se dieron en el momento de la depositación cretácica, es por eso que estas formaciones varían de espesor desde el este al oeste de la cuenca. El sistema de corrimientos se propaga hacia el oeste al contacto paleozoico-cuña cretácico, y se amortigua con la formación del anticlinal Totoras. Hacia el este, el anticlinal Jabonillos también corresponde a un pliegue por propagación de falla (interpretación deducida a partir de datos de campo) (*FIGURA IV.4*).

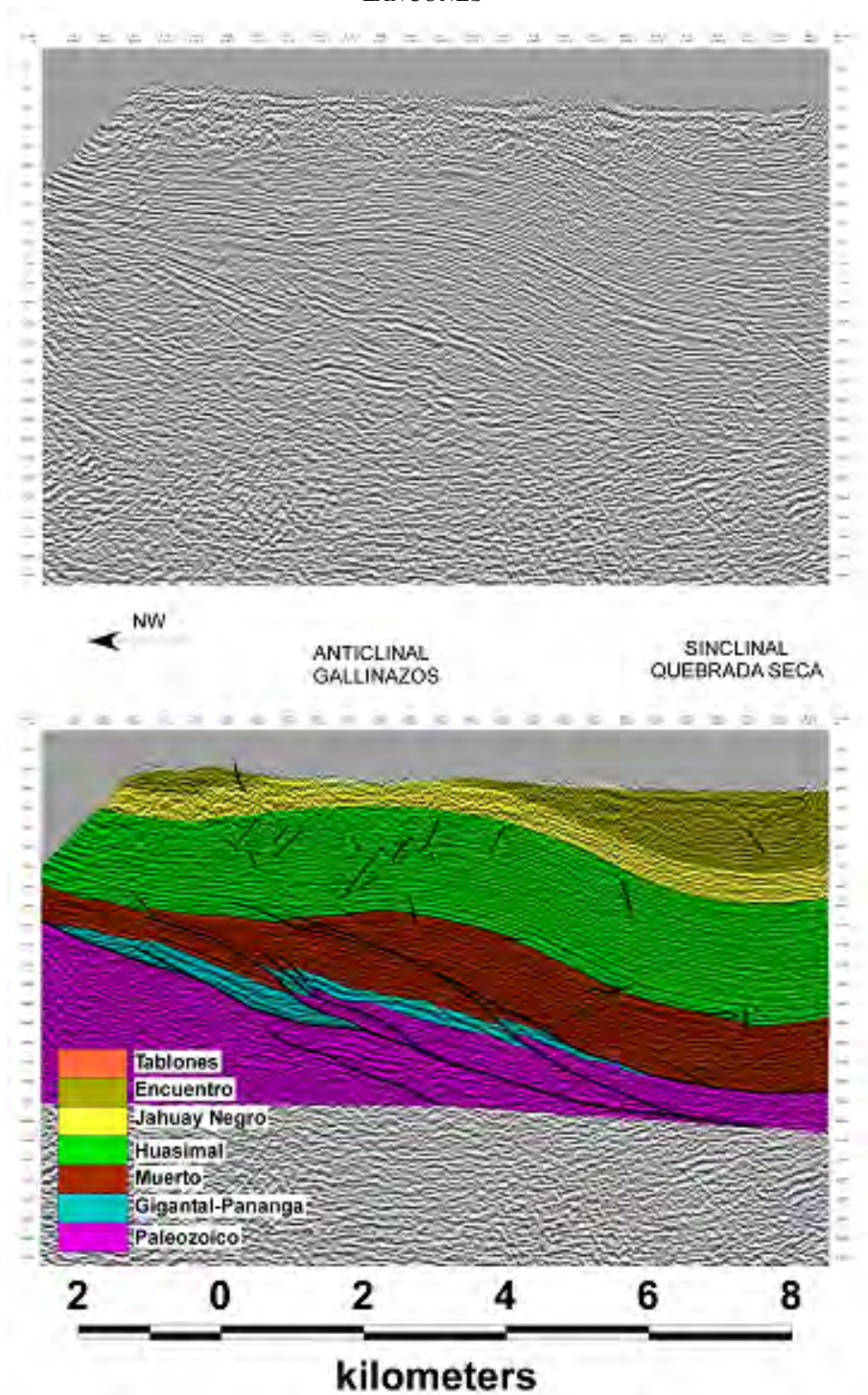


**FIGURA IV. 2:** Imagen satelital del noroeste del Perú en donde se muestran las secciones regionales y las secciones sísmicas reinterpretadas para conocer la geometría y deformación de la cuenca Lancones.





*NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA  
LANCONES*



**FIGURA IV. 3:** Interpretación de la sección sísmica PXII-99-02 (localización FIGURA IV.2)

NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA LANCONES

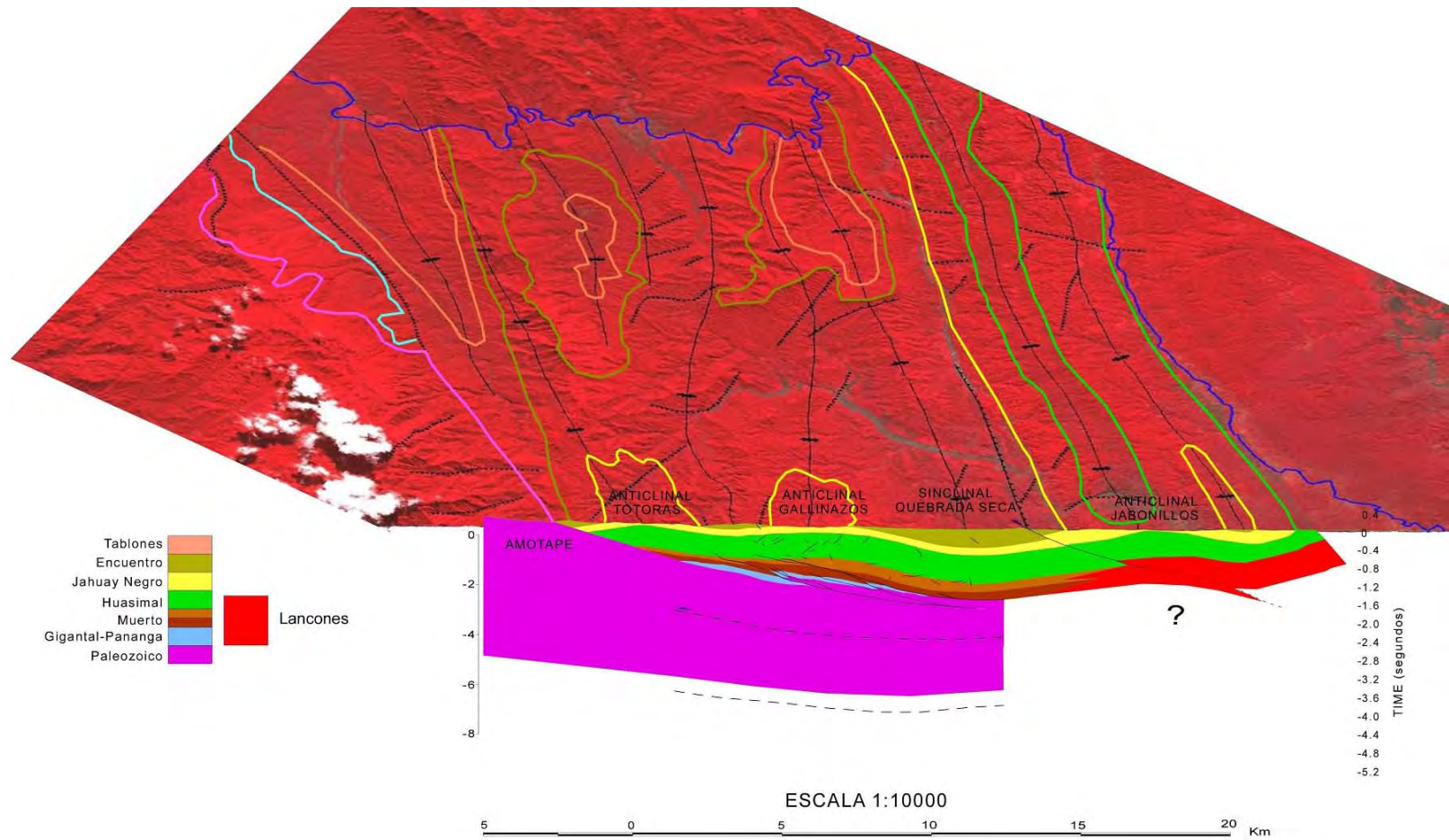


FIGURA IV. 4: Bloque diagrama 3D de la sección estructural A-B, mostrando la geometría de la cuenca Lancones.

#### **4.3.1.2 SECCION C-D**

Tiene una longitud de 95 kilómetros aproximadamente con orientación NE-SO. Abarca casi toda la cuenca desde la parte norte, sedimentos cretácicos hasta la parte sur de la cuenca cubierta de sedimentos terciarios.

Esta sección estructural se construyó a partir de la interpretación de las secciones sísmicas PXII-99-01 de 31 kilómetros aproximadamente (*FIGURA IV.5*) y PXII-99-05 de 72 kilómetros aproximadamente. En la sección sísmica PXII-99-05 se encuentra ubicado el pozo Abejas 1X que nos permitió calibrar los reflectores de la sección sísmica y especialmente los reflectores de los contactos paleozoico, cretácico y terciario que no aflora en superficie en esta parte de la cuenca (*FIGURA IV.6*)

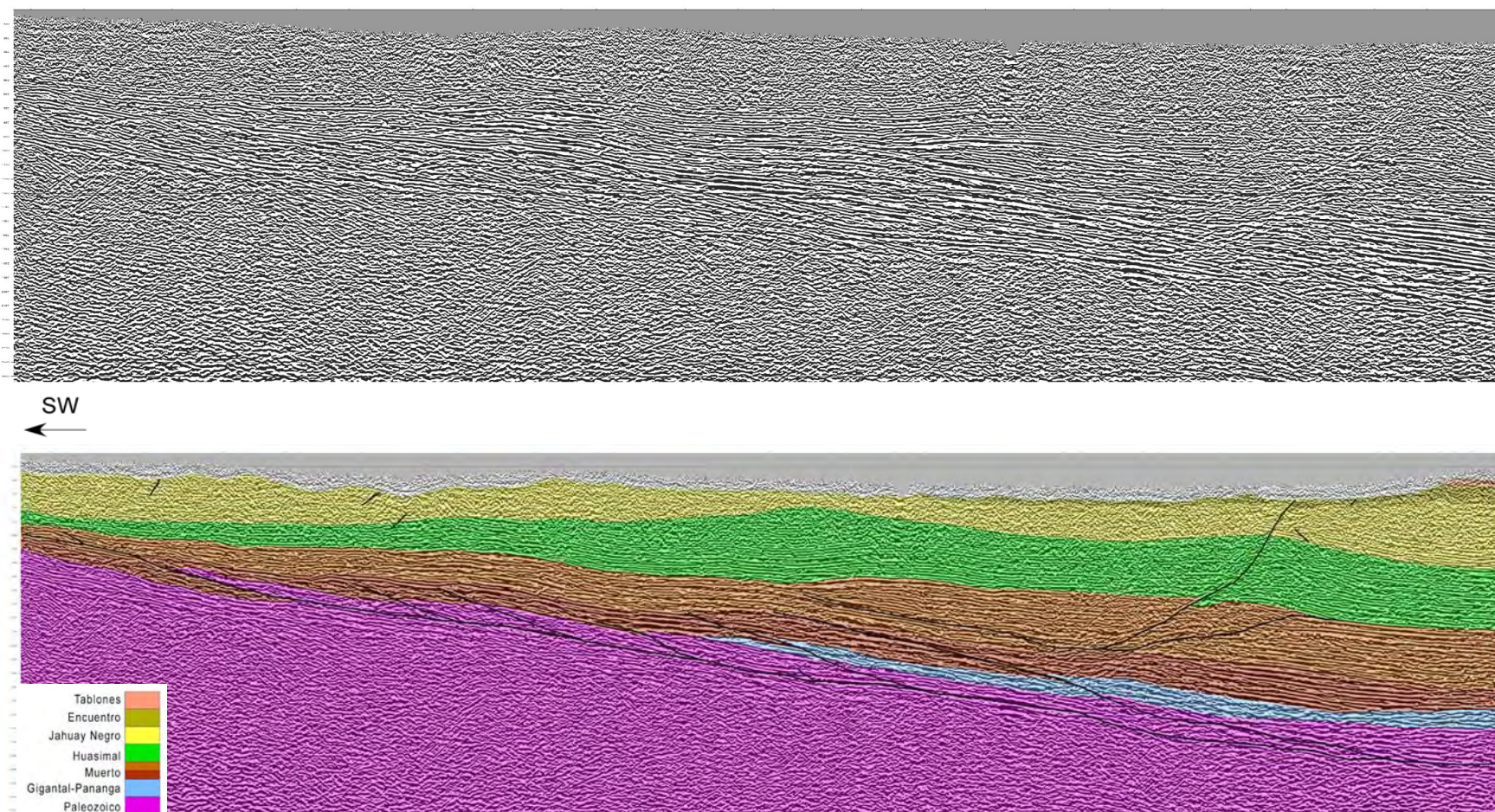
El ensamblaje de estas dos secciones sísmicas, del pozo Abejas 1X y de los datos de campo nos permitió tener una visión global del sistema de corrimientos y de la relación de este con la cuenca Lancones.

En estas secciones se aprecia que el despegue basal de los corrimientos se encuentra por debajo de las rocas Paleozoicas y se propagan como en algunos casos hasta las formaciones cretácicas.

También se aprecia que las fallas normales Huaypirá y la Encañada son fallas producto de la gravedad, sin necesidad de ningún esfuerzo extensivo como se creía anteriormente.

Globalmente en esta sección estructural las formaciones cretácicas se pierden en el bloque sur de la falla Huaypirá pero gracias al pozo Abejas 1X y a la sección sísmica PXII-99-05 se llegó a la conclusión que estos se encuentran cubiertos en discordancia angular por sedimentos terciarios que cubren toda la parte sur de la cuenca Lancones y que la deformación de las formaciones cretácicas vistas en el campo son producto de los corrimientos (*FIGURA IV.7*).

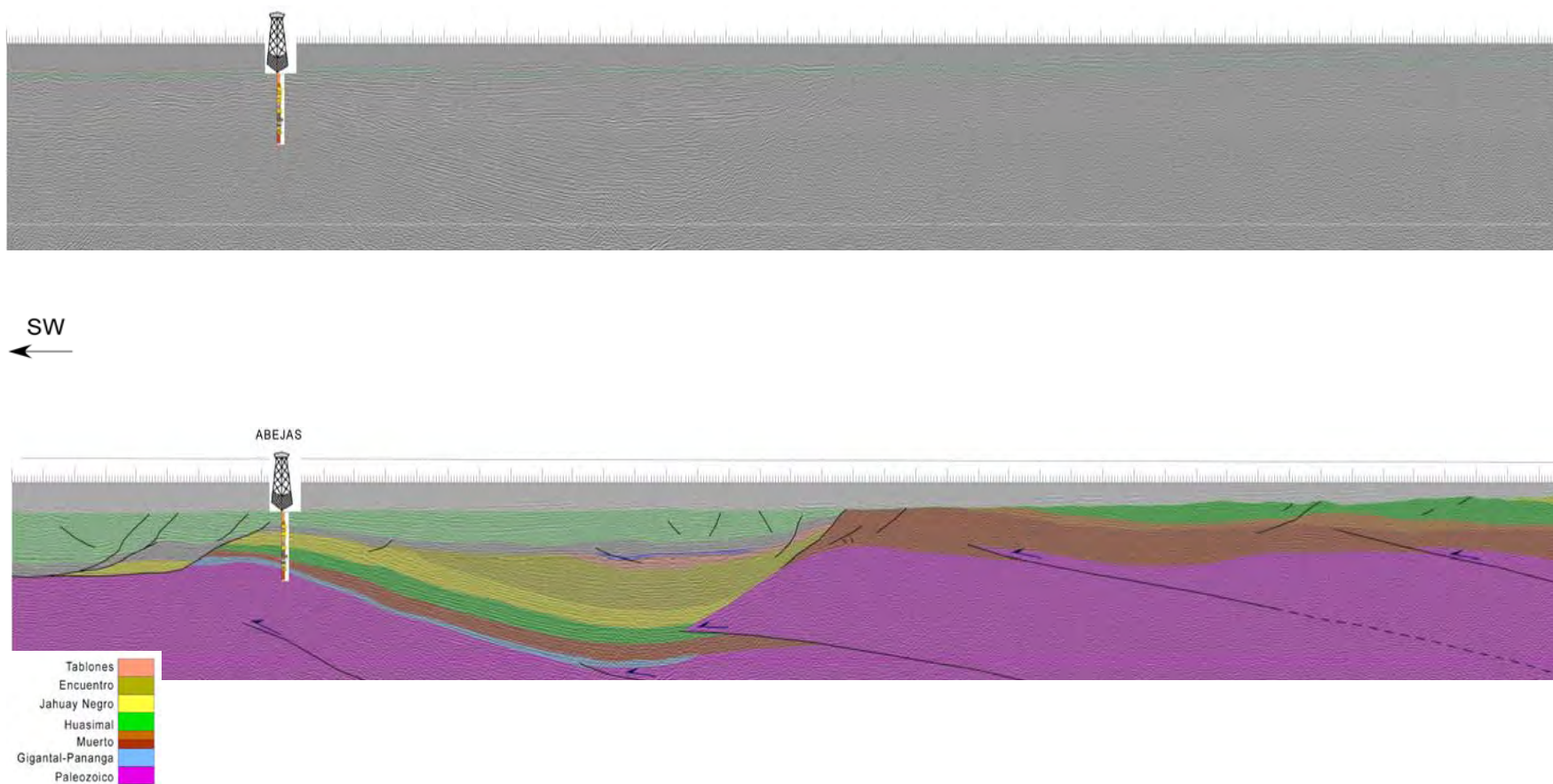




**FIGURA IV. 5:** Interpretación de la sección sísmica PXII-99-01 (localización FIGURA IV.2).



*NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA LANCONES*



**FIGURA IV. 6:** Interpretación de la sección sísmica PXII-99-05 (localización FIGURA IV.2).

NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA LANCONES



**FIGURA IV. 7:** Sección estructural C-D construida a partir de las secciones sísmicas PXII-99-01 y PXII-99-05. Se aprecia el contacto entre Cretácico y Terciario en discordancia angular (localización en FIGURA IV.2).



#### **4.3.1.3 SECCION E-F**

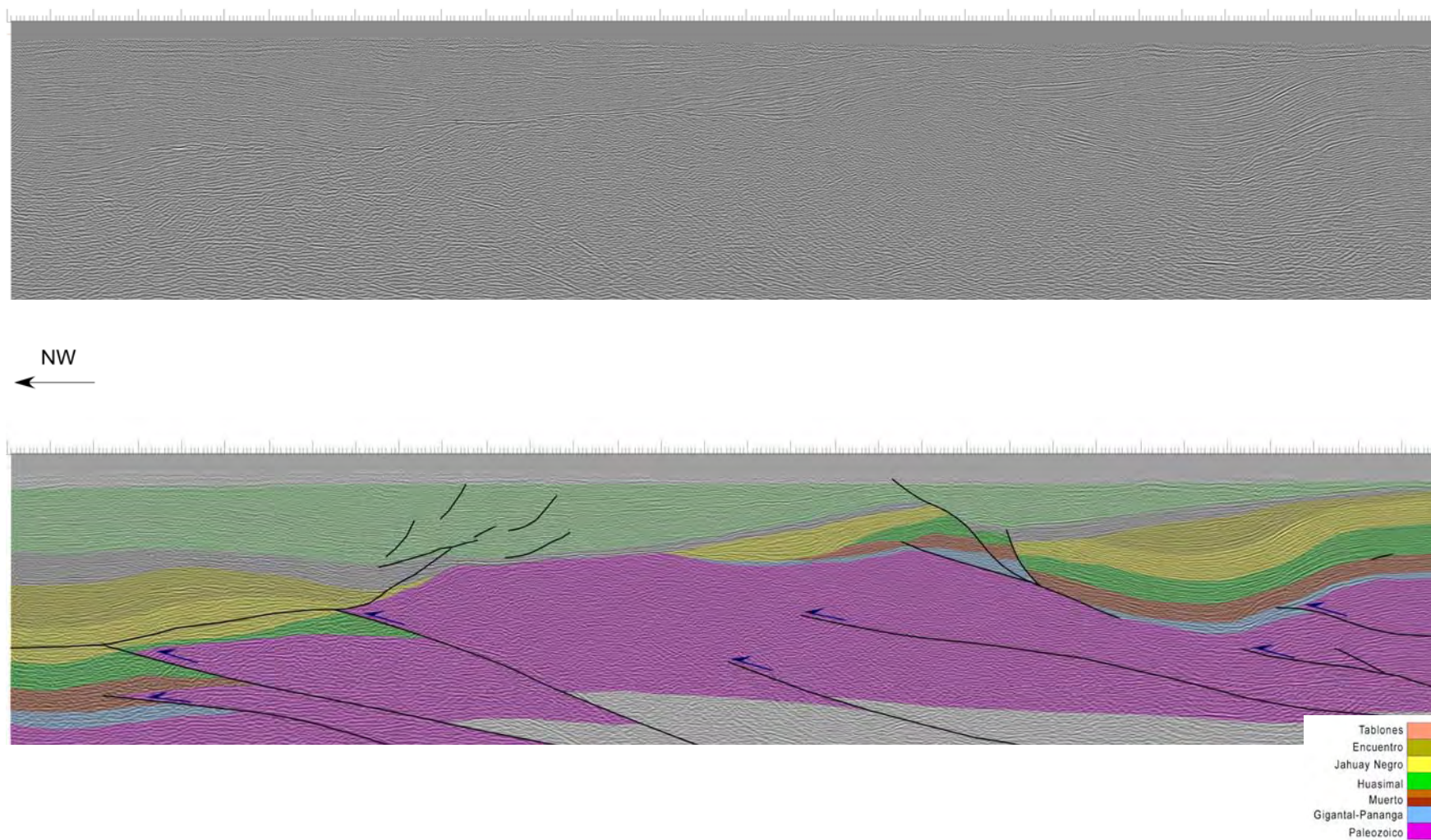
Tiene una longitud de 47.5 kilómetros de largo aproximadamente y una orientación NO-SE y fue construida a partir de la sección sísmica PXII-99-10.

En esta sección sísmica se puede apreciar que la dirección de los corrimientos es de E-O casi paralela a esta sección y en los extremos NO y SE de la sección las formaciones cretácicas se aprecian deformadas detrás de los corrimientos, esto debido a como mencionamos anteriormente los esfuerzos compresivos que dieron lugar al sistema de corrimientos se originó durante la depositación de estas formaciones cretácicas y sobre estos como en la sección estructural anterior en discordancia angular las formaciones terciarias (*FIGURA IV.8*).

En esta sección fue difícil encontrar los límites de las formaciones cretácicas debido a que en esta parte de la cuenca la mayoría de los pozos son antiguos y no llegan a sedimentos cretácicos es por esa razón que solo se utilizó el pozo Abejas 1X debido a su cercanía a esta sección y la sección C-D que cruza esta sección. La información de campo en esta parte de la cuenca es muy escasa.

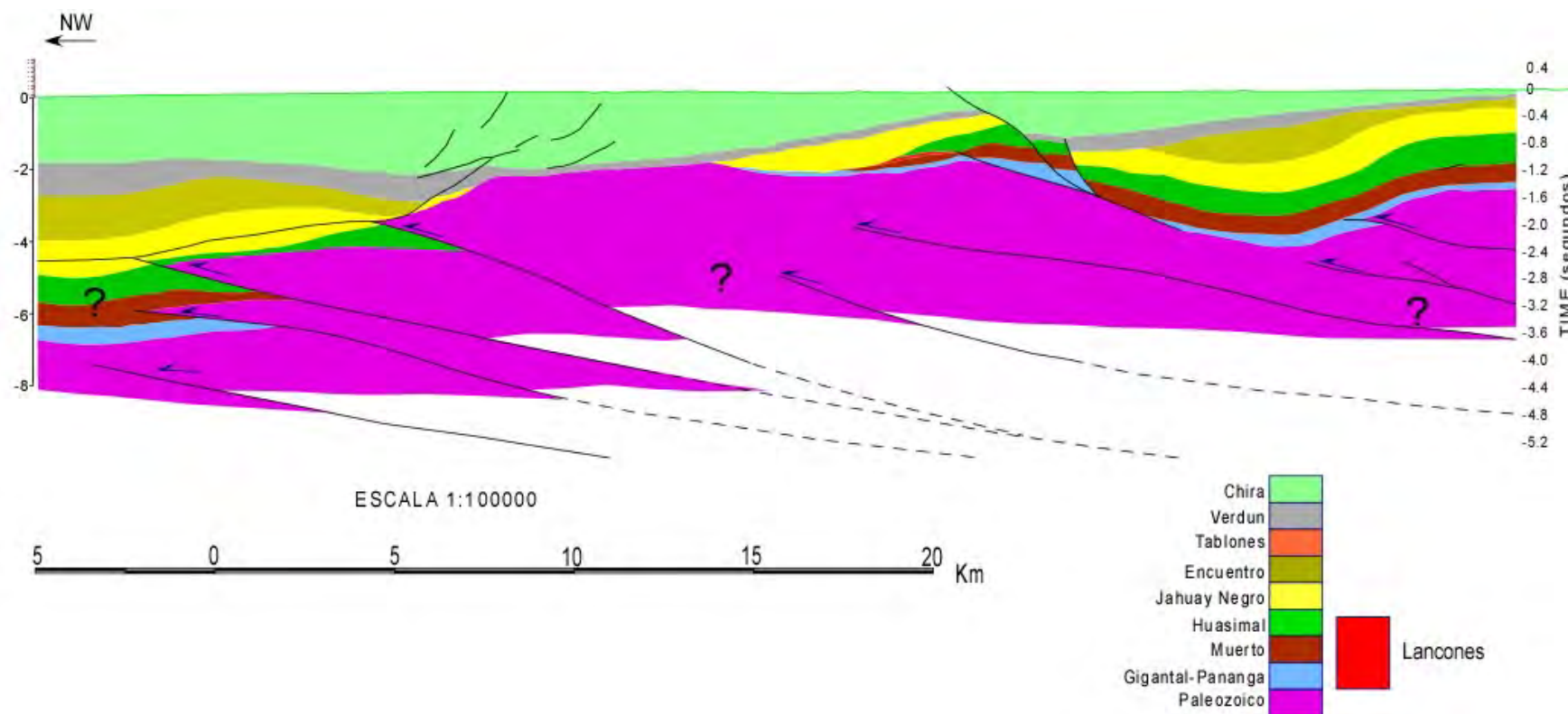
Globalmente se aprecia como el llamado Alto de Tamarindo no es más que un frente de corrimiento y las fallas normales que se pensaba formaban el Alto no son más que fallas por desprendimiento en ambos lados del corrimiento (*FIGURA IV.9*).

*NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA LANCONES*



**FIGURA IV. 8:** Interpretación de la sección sísmica PXII-99-10 (localización FIGURA IV.2).

NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA LANCONES



**FIGURA IV. 9:** Sección estructural E-F construida a partir de las secciones sísmicas PXII-99-10, muestra la orientación del sistema de acreción E-O. También se aprecia las cuencas transportadas que se forman detrás de los corrimientos (localización en FIGURA IV.2).

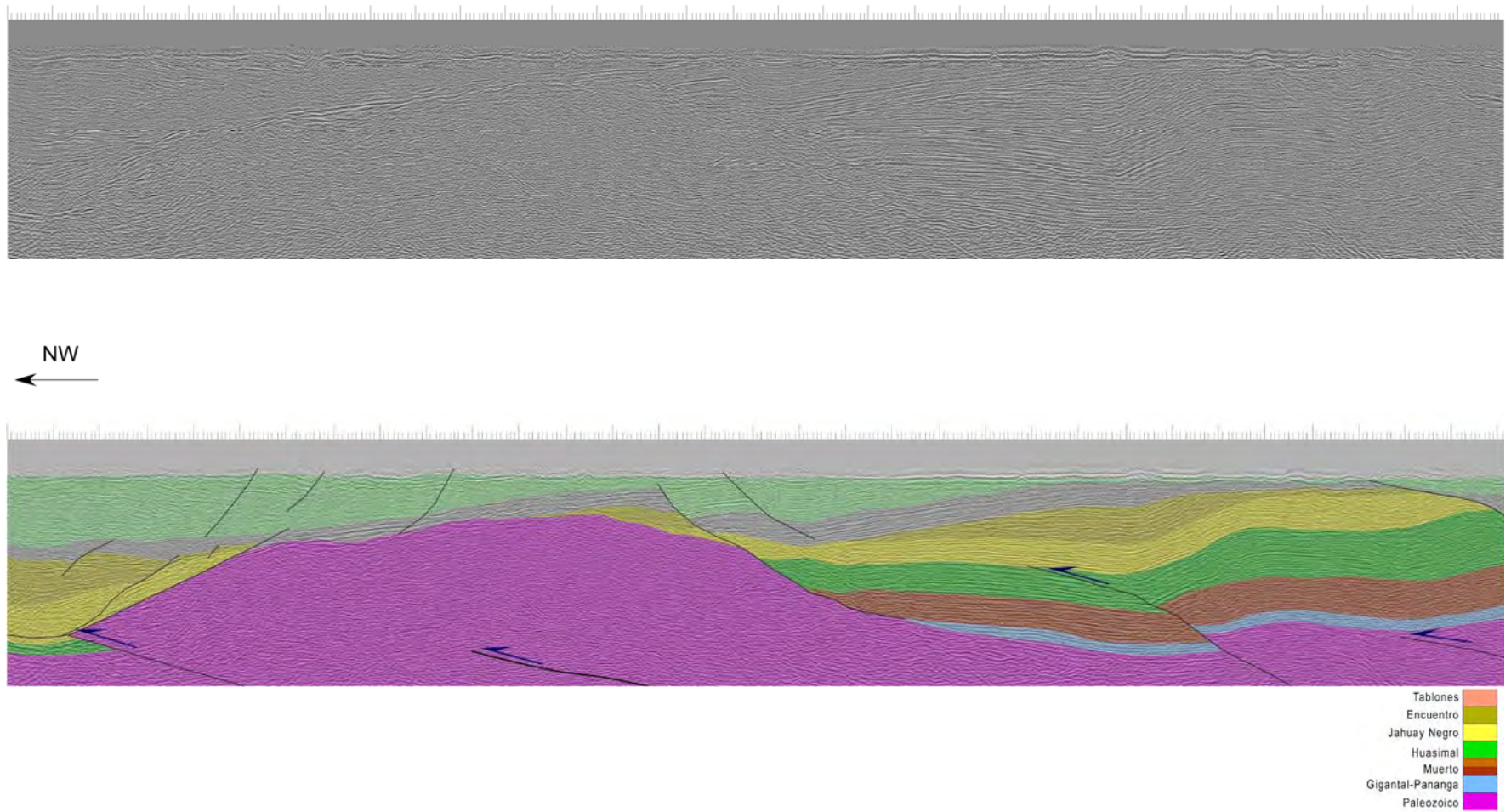
#### **4.3.1.4 SECCION G-H**

Tiene una longitud de 48 kilómetros de largo aproximadamente con una orientación NO-SE y fue construida a partir de la sección sísmica PXII99-12.

Esta sección sísmica es muy similar a la sección sísmica PXII-99-10 y esto debido a su cercanía y dirección. Esta sección se reinterpretó con la finalidad de poder demostrar que si se aprecia un sistema de corrimientos en profundidad y que la dirección de estos es de E-O como en las secciones estructurales A-B y E-F (*FIGURA IV.10*)

Globalmente se demuestra que los corrimientos también afectaron a las formaciones cretácicas cosa que no se aprecia muy bien en la sección estructural E-F y la formación de cuencas transportadas tipo “piggy-back” afectadas por fallas normales (*FIGURA IV.11*).

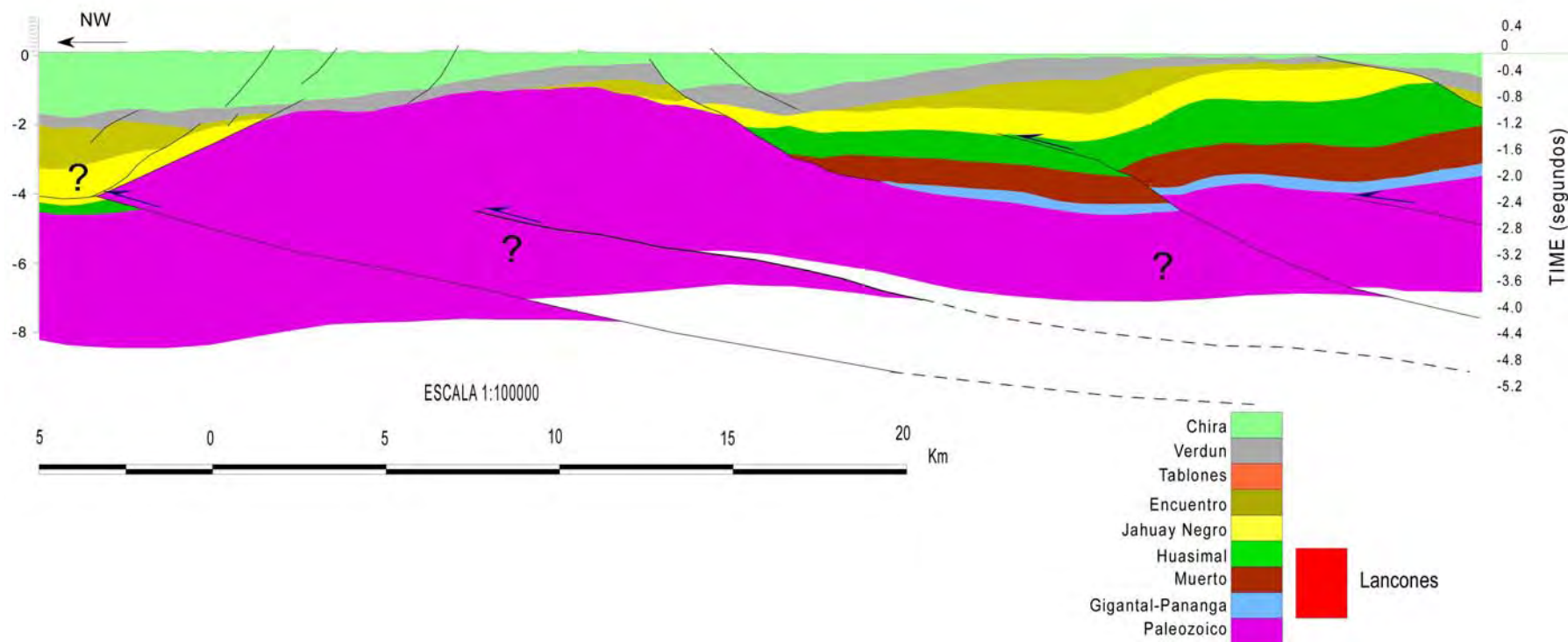
*NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA LANCONES*



**FIGURA IV. 10:** Interpretación de la sección sísmica PXII-99-12 (localización FIGURA IV.2).



NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA LANCONES



**FIGURA IV. 11:** Sección estructural G-H construida a partir de las secciones sísmicas PXII-99-12. Esta sección es similar a la sección estructural E-F y se aprecia que el corrimiento afecta a las formaciones Paleozoicas y Cretácicas (localización en FIGURA IV.2).



#### **4.3.2 GRAVIMETRIA Y SISMOLOGIA**

Para la tectónica de la cuenca Lancones, nos basamos en la interpretación de las secciones sísmicas y secciones estructurales interpretadas, en la presente tesis se aprecia una tectónica compresiva en estructuras Paleozoicas y Cretácicas que claramente muestran la geometría de la cuenca.

Por otro lado los métodos indirectos como la gravimetría y los registros de sismos locales muestran la disposición de zonas de rocas densas y zonas activas de esta cuenca, otorgando un panorama general de estas (*FIGURA IV.12*).

Las secciones interpretadas presentan un nivel todavía en discusión debido a que los sedimentos cretácicos no afloran en una parte de la cuenca y esto es perjudicial porque no se puede correlacionar los datos de superficie y del subsuelo, debido a esto no se puede obtener un espesor exacto de los sedimentos.

En el año 1985, PETROPERU realiza los primeros estudios gravimétricos en esta cuenca (Gil Oscar, Lara Jose y Cuadra Francisco, 1985). Posteriormente PLUSPETROL S.A. recopila estos datos y los replotea permitiendo conocer la configuración de la cuenca Lancones (Soto Javier, Chung Juan y Valencia Kiko, 2000).

Esta información unida con la información de los reportes sísmicos provenientes del Instituto Geofísico del Perú (IGP) recopilados a partir del 1900 nos da como resultado la actividad tectónica actual de la cuenca ya que los sismos superficiales se encuentran ubicados en las fallas normales que se observan en la superficie y los sismos profundos coinciden con el sistema de corrimientos visto en las secciones estructurales interpretadas. La batimetría nos indica las principales estructuras presentes en la cuenca en donde se pueden entrapar los hidrocarburos.

En la parte norte la pendiente regional del basamento se profundiza en dirección NE, esta tendencia coincide con la mayor acumulación de sedimentos cretácicos hacia ese sector,

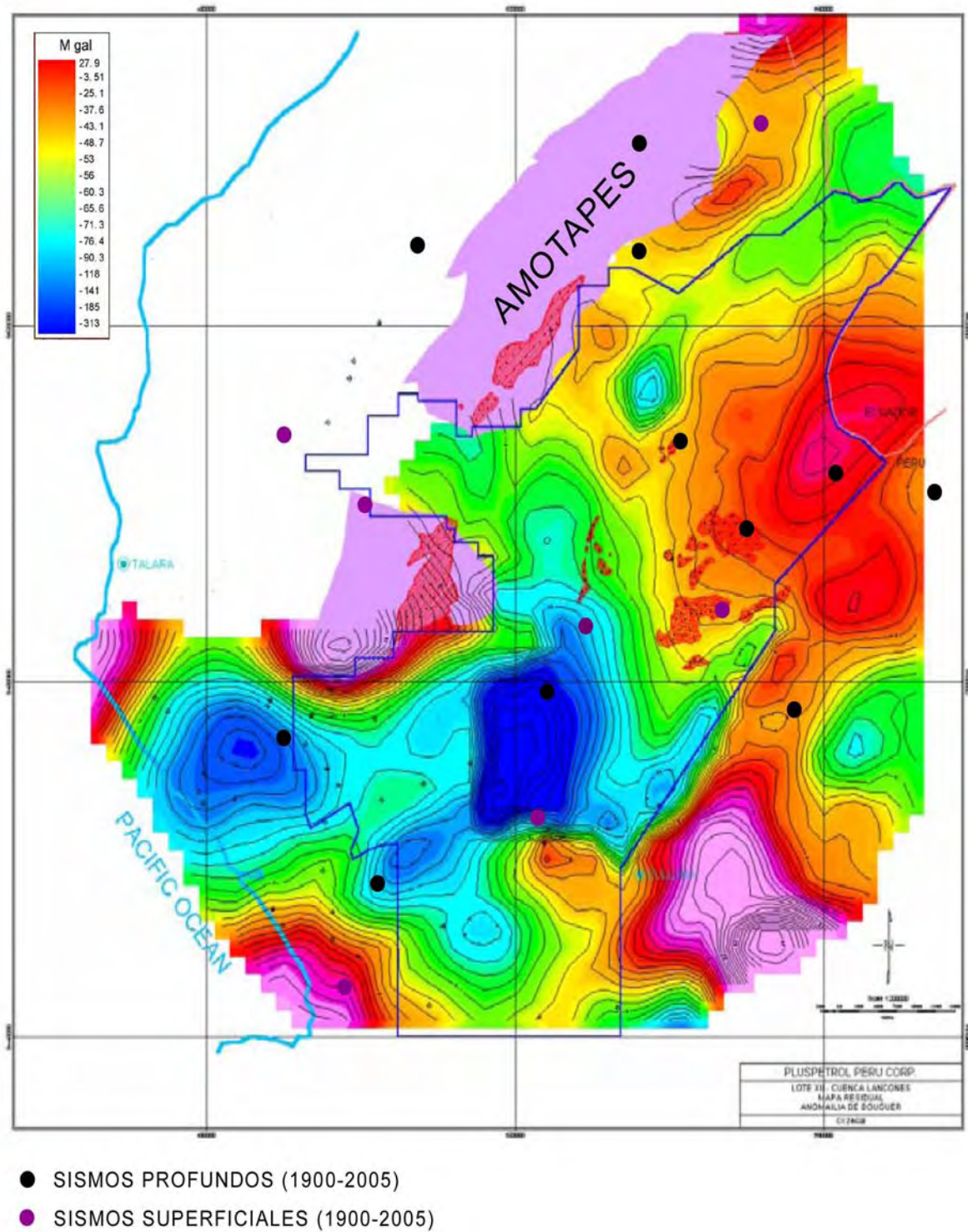
mientras que al sector occidental el basamento se levanta gradualmente y con menor cobertura cretácica.

En la parte central el mapa muestra en el sector medio y oriental un gran alto gravimétrico que se extiende hacia la parte sur, esta anomalía es coincidente con los intrusivos que se aprecian en la superficie, insinuando constituir solo un cuerpo en el subsuelo. Hacia el sector occidental muestra un bajo gravimétrico, acorde con la mayor preservación de sedimentos cretácicos.

En la parte sur se distingue estructuras plegadas en sedimentos recientes; no se aprecia basamento debido a que está a mucha profundidad y cubierto de material cretácico de gran espesor.

Toda esta información nos indica que el nuevo estilo estructural propuesto en esta tesis es la más probable debido a que se trabajó con toda la información existente hasta el momento.

*NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA  
LANCONES*



**FIGURA IV. 12:** Mapa donde se aprecia la gravimetría (PLUSPETROL CORPORATION S.A.) y sismos (IGP) en la cuenca Lancones.

## **CAPITULO V**

### **SISTEMAS PETROLÍFEROS: CARACTERIZACIÓN Y MODELAMIENTO**

En este Capitulo se presentan los resultados del estudio de Reflectancia de Vitrinita (%Ro), Carbon Organico Total (TOC) y Tmax en muestras de diferentes afloramientos con el objetivo de valorar desde el punto de vista geoquímico la roca generadora; así como análisis de porosidad y permeabilidad para identificar a las rocas reservorios y sellos dentro de la cuenca. Para un mejor entendimiento del Análisis Geoquímico y Sistemas Petrolíferos se presentaran algunas generalidades.

Posteriormente se realizo un modelamiento de la cuenca con la finalidad de conocer la historia termal controlada por la geodinámica y entender la evolución de los Sistemas Petrolíferos.

Con toda esta información se puede dar a conocer Posibles Plays de Exploración dentro de la cuenca Lancones.

## 5.1 EVALUACION GEOQUÍMICA: GENERALIDADES

El principal objetivo de una evaluación geoquímica es establecer el potencial petrolífero de una cuenca y, sobre todo, lo más importante es evaluar el riesgo en la exploración de un “play” o prospecto. En programas de reconocimiento regionales, la presencia de micro o macro afloramientos de hidrocarburos proveen una evidencia directa de la generación de hidrocarburos. Es decir se pone en evidencia la presencia de un sistema petrolero activo y se identifican los sectores de la cuenca que son más atractivos.

Adicionalmente, la composición química de estos afloramientos puede indicar si es una cuenca o “play” más propensa para la generación de gas o petróleo ya que nos provee información necesaria para representar en mapas la riqueza de la materia orgánica, tipo de materia orgánica y madurez termal de una roca madre.

Los análisis geoquímicos como %Ro, %TOC y Tmax se realizan en las rocas generadoras, los análisis de porosidad y permeabilidad para las rocas reservorio, y un análisis de carácter litológico y de comportamiento (plasticidad, permeabilidad, espesor, etc) para las rocas sellos.

La reflectancia de vitrinita (Ro) es un parámetro físico que refleja el nivel de madurez termal alcanzado por la roca sedimentaria. Esta madurez indica el grado de transformación de la materia orgánica presente en la roca en hidrocarburos. La vitrinita es un maceral (restos de plantas o animales distinguibles al microscopio) que se origina de plantas terrestres (Peters et al., 1994).

Para la medida del Ro, el kerógeno es separado de la roca y colocado al microscopio en un slide sumergido de petróleo (es por ello que se llama Ro donde “o” se refiere a “oil”). Lo que se mide es el porcentaje de luz reflejada en las partículas de vitrinitas contenidas en el kerógeno. La reflectancia de vitrinita es directamente proporcional al grado de alteración termal de la roca y su valor no se reduce con la disminución de la temperatura (por levantamientos tectónicos y disminución de la profundidad); es por eso que el Ro es usado para determinar la máxima temperatura a la cual se encontraba la roca (*TABLA V.1*).

Nivel de Madurez Termal		Ro (%)	Tmax
Inmadura		0.2-0.6	<435
Madura	de madurez temprana	0.6-0.65	435-445
	de madurez pico	0.65-0.9	445-450
	de madurez tardia	0.9-1.35	450-470
Post-madura		1.35	>470

**TABLA V. 1: Niveles de Madurez Termal de la materia orgánica para generar hidrocarburos (Peters et al., 1994).**

En una roca generadora, la materia orgánica en la etapa inmadura no ha sido muy alterada por la temperatura, por tanto no generara hidrocarburos; en la etapa madura se encuentra en la ventana de generación de hidrocarburos; y en la etapa post-madura de la roca se encuentra en ventana de generación de gas, es esta etapa donde la materia orgánica es calentada a gran temperatura, reduciendo la cantidad de hidrogeno, provocando solo pequeñas cantidades de hidrocarburos en estado gaseoso.

Los valores de %TOC (Total Organic Carbon) indican la cantidad de carbono orgánico en porcentaje en peso (wt%) presente en una roca generadora (TABLA V.2), permitiendo evaluar el potencial petrolero de la roca (Peters et al., 1994).

Potencial petrolero	TOC (wt. %)
pobre	0--0.5
medio	0.5--1
bueno	1--2
muy bueno	2--4
excelente	>4

**TABLA V. 2: Potencial Petrolero de la materia orgánica (Peters et al., 1994).**

Estos valores de TOC son obtenidos en el laboratorio por combustión directa. En un ensayo de TOC, se extrae de 1-2 gr de roca pulverizada, el cual es mezclado con ácido clorhídrico (HCL). Esta mezcla es filtrada y luego el residuo es secado al horno (a 100°C durante 30 minutos), luego se mezcla con hierro y cobre, por último esta nueva mezcla es sometida a



combustión a 1200°C y se obtiene una medición del dióxido de carbono generado (Peters et al., 1994).

El Tmax es la temperatura del horno en un ensayo de Rock-Eval Pirólisis en el momento de máxima generación de hidrocarburos. En este ensayo, una muestra de roca es calentada a diversas temperaturas en un horno cerrado con el propósito de simular en el laboratorio la expulsión de hidrocarburos y poder evaluar su potencial generador de hidrocarburos (Lewan, 1994).

Es por medio de este ensayo de Pirólisis, o mediante análisis de su composición orgánica, que se determina el tipo de Kerógeno (*Tabla V.3*), partiendo de los valores de HI (Índice de Hidrogeno) y el OI (Índice de Oxigeno) obtenidos (Peters et al., 1994).

HI(mgHC/g TOC)	OI(mgCO <sub>2</sub> /g TOC)	Tipo de Kerogeno	Hidroc. Expulsados
>600	<40	I	Petroleo
300-600	40-70	II	Petroleo
200-300	70-100	II/III	Petroleo y Gas
50-200	100-200	III	Gas
<50	>200	IV	Ninguno

***TABLA V. 3: Características de los Hidrocarburos Expulsados en función del tipo de kerogeno.***

El Kerógeno es un material insoluble formado por la descomposición de la materia orgánica, asimilada por los sedimentos (Charles Boyer et al., 2006/2007). Mediante análisis físico-químico, esta se clasifica en cuatro:

- ***Kerógeno Tipo I:*** Este es generado principalmente en ambientes lacustres y en algunos casos ambientes marinos. Proviene de materia orgánica algácea, planctónica o de otro tipo. Tiene alta relación H/C (1.5 o más) y baja O/C (menos de 0.1), es decir tiene un alto contenido de hidrogeno y bajo de oxigeno. Tiene un alto potencial de generación de hidrocarburos; alto potencial petrolífero, pero también puede generar gas. Este tipo de kerógeno no es muy abundante y es responsable solo el 2.7% de reserva de gas y petróleo en el mundo.

- **Kerógeno Tipo II:** Generado habitualmente en medios reductores existentes en los ambientes marinos de profundidad moderada. Proviene principalmente de materia orgánica formada por restos de fitoplancton, zooplancton y microorganismos. Tiene alta relación H/C y bajo O/C. Tiene alto potencial generador de hidrocarburos pero más bajo que el tipo I. El azufre se asocia con este tipo de kerógeno, ya sea como pirita y azufre libre o estructuras orgánicas de petróleo.
- **Kerógeno Tipo III:** Materia orgánica que deriva esencialmente de plantas continentales y restos vegetales, depositados en ambientes marinos y no marinos someros a profundos. Tiene bajo contenido de hidrógeno y mayor contenido de oxígeno, es decir tiene baja relación H/C (menos de 1.0) y alto O/C (0.2 a 0.3). Este tipo es el menos favorable como generador de petróleo pero puede ser fuente de gas si tiene un enterramiento suficientemente profundo.
- **Kerógeno Tipo IV:** Es el que se genera habitualmente a partir de sedimentos más antiguos redepositados después de la erosión. Antes de la sedimentación, pudo haber sufrido alteraciones por procesos de meteorización subaérea, combustión u oxidación biológica en pantanos o suelos. Este tipo de kerógeno está compuesto por materia orgánica residual con alto contenido de carbono y ausencia de hidrogeno. Es considerado una forma de “carbono muerto”, sin potencial para generar hidrocarburos.

En general los kerógenos tipos I/II producen petróleo, mientras que los de tipo III producen gas. Las mezclas de los kerógeno tipos II/III, son más comunes en facies arcillosas marinas.

Las areniscas son las rocas reservorios principales en cualquier sistema petrolero, pero las rocas carbonatadas también pueden ser buenos reservorios en algunos casos (Magoon & Dow, 1994).

## 5.2. SISTEMA PETROLÍFERO: GENERALIDADES

Un sistema petrolífero incluye todos los elementos y procesos geológicos que son esenciales para que una acumulación de crudo y gas exista. Las siguientes definiciones de términos

relacionados con el concepto de sistema petrolífero han sido tomadas de Magoon & Dow (1994). El termino sistema se refiere a los elementos interdependientes y procesos que forman la unidad funcional que crea la acumulación de hidrocarburos.

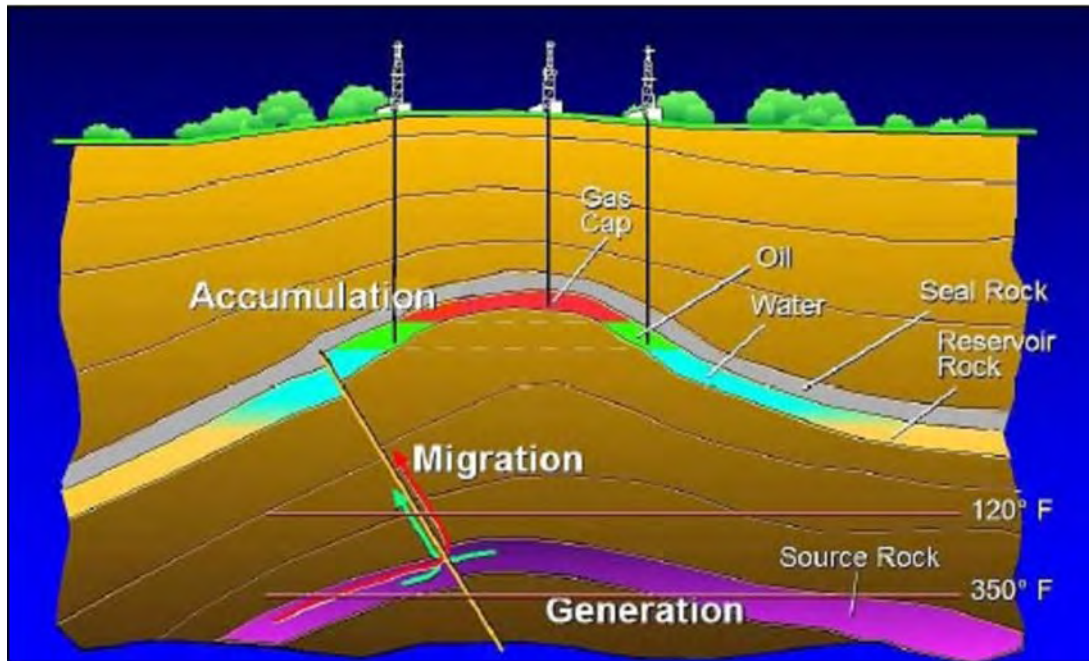
Los elementos que forman un sistema petrolífero son (*FIGURA V.1*):

- ***Roca Fuente de Petróleo:*** Es aquella que está generando o ha generado y expulsado petróleo. La roca fuente necesita haber estado sometida a un calentamiento durante un lapso de tiempo geológico para alcanzar madurez termal para generar hidrocarburos.
- ***Roca Almacenadora de Petróleo:*** Es aquella que almacena el petróleo. El petróleo es almacenado en esta roca.
- ***Roca Sello:*** Es aquella que impide que el petróleo se escape de las trampas donde se ha acumulado. Las trampas son los sitios donde existe una disposición geométrica convexa de la roca almacenadora y de la roca sello que favorece la acumulación del petróleo e impide que este escape hacia arriba o hacia los lados.
- ***Roca de Sobrecarga:*** Es aquella que cubre a la roca fuente y causa su enterramiento a una profundidad tal que se den las condiciones de temperatura necesarias para que se genere petróleo a partir de la materia orgánica contenida en la roca fuente.

Los procesos de un sistema petrolífero son (*FIGURA V.1*):

- ***Formación de las Trampas:*** Incluye todos los procesos que producen la disposición geométrica favorable para que el petróleo quede acumulado y atrapado en ellas. Estos procesos son deformación de las rocas en el caso de trampas estructurales y procesos sedimentarios y diagenéticos en el caso de trampas estratigráficas.
- ***Generación de Hidrocarburos:*** Proceso mediante el cual la materia orgánica contenida en la roca fuente es convertida en hidrocarburos por la acción del aumento de temperatura y del tiempo.

- **Migración de los Hidrocarburos:** Procesos de movimiento o flujo de los hidrocarburos desde la roca fuente donde son originados hasta la trampa donde son acumulados.
- **Acumulación de Hidrocarburos en las Trampas y Momento Crítico.**



**FIGURA V. 1: Elementos y procesos de los Sistemas Petrolíferos (Schiefelbein & Requejo).**

Estos elementos y procesos esenciales deben ser puestos correctamente en el tiempo y en el espacio de manera que la materia orgánica incluida en una roca fuente pueda ser convertida en una acumulación de petróleo. Un sistema petrolífero existe donde se sabe que ocurren todos estos elementos y procesos esenciales o donde se piensa que hay buenas posibilidades de que ocurran.

### 5.3 SISTEMA PETROLIFERO DE LA CUENCA LANCONES

La cuenca Lancones definida como una cuenca de antearco, presenta un conjunto de elementos y procesos que nos dá los indicios para que exista un sistema petrolero según las condiciones mencionadas anteriormente por Magoon & Dow (1994). Las rocas madres y reservorios que van desde el Paleozoico hasta el Cretáceo Superior afloran solo en la parte

norte de la cuenca y las Terciarias (Eoceno) que afloran solo en la parte sur de la cuenca, han sido estudiadas y analizadas geoquímicamente.

A partir de los diferentes informes de evaluación de cuencas, trabajos de compañías que han incursionado en esta zona y los trabajos de campo conocemos los procesos que han afectado a la cuenca, su dinámica y la formación de estructuras nos permitió conocer a los elementos importantes del sistema petrolero favorables para ser evaluadas como posibles prospectos.

### 5.3.1 ROCA GENERADORA

#### 5.3.1.1 MESOZOICO

Mas de 450 muestras tomadas en la Cuenca Lancones han sido analizadas por Carbón Orgánico Total (TOC), la mayoría en afloramientos Cretácicos (TABLA V.4).

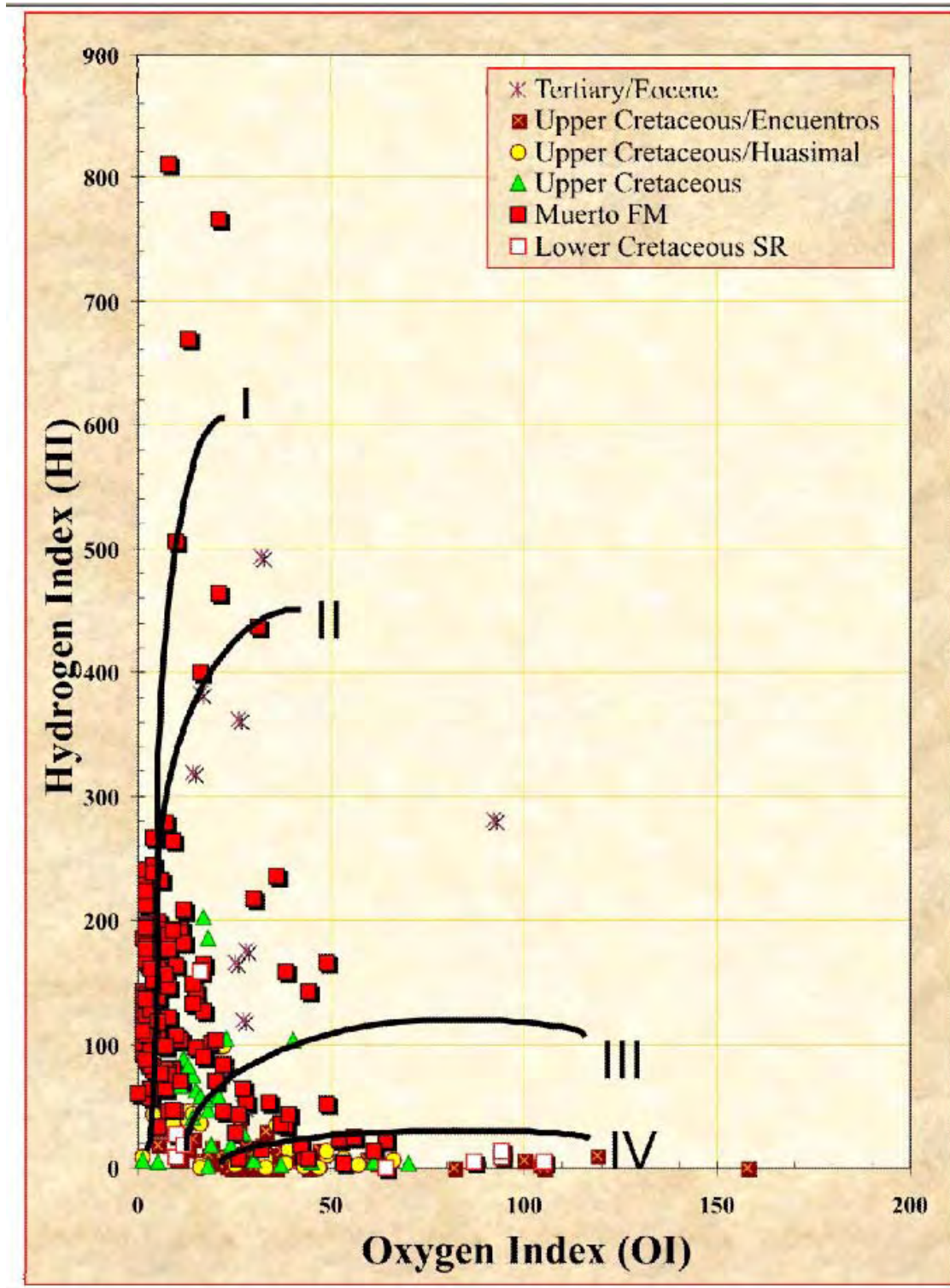
	min TOC	max TOC	ave TOC	stdev	%TOC>1.5	n=
Eocene	0.08	1.71	0.97	0.5	41.7	12
Encuentros	0.17	1.06	0.62	0.2	1.2	85
Huasimal	0.08	1.21	0.41	0.2	3.0	99
Upper Cretaceous	0.01	1.88	0.67	0.5	25.0	48
Muerto	0.04	5.10	1.70	1.1	68.2	179
Lower Cretaceous	0.03	3.07	0.74	0.8	8.3	12

***TABLA V. 4: Muestra el TOC de cada formación y el número de muestras que se tomaron de cada una (PLUSPETROL, 1999).***

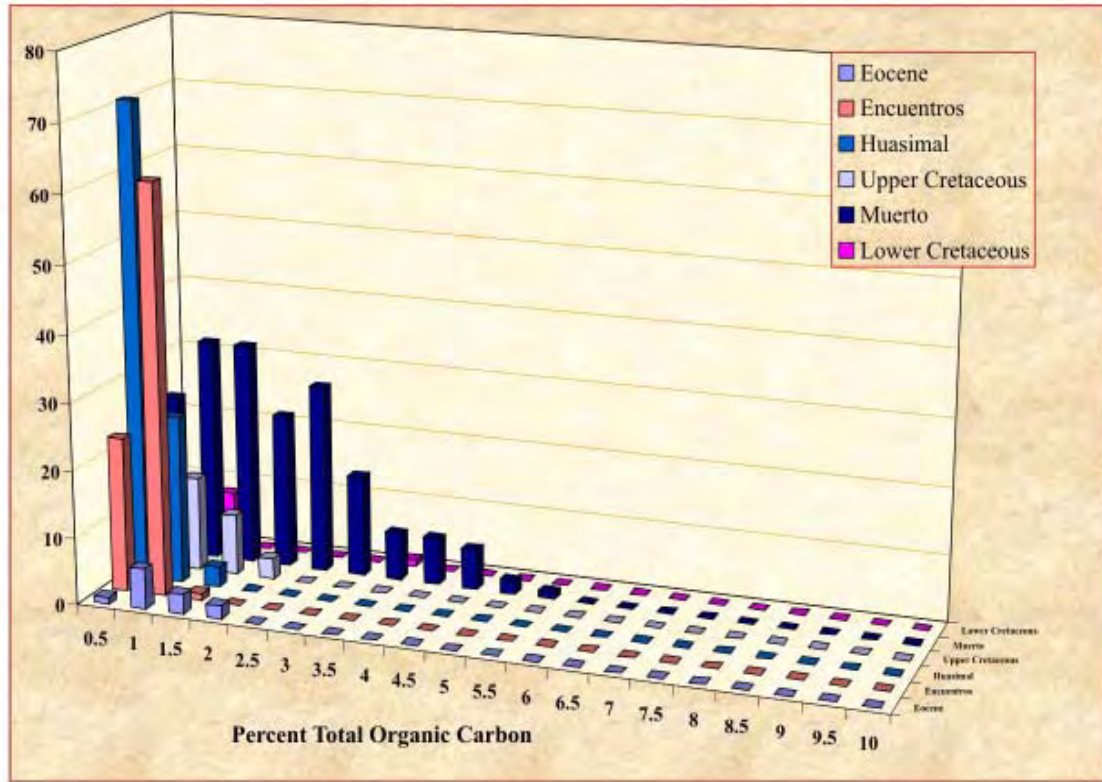
Los resultados manifiestan a la Formación Muerto (Albiano) como la roca generadora más importante de la cuenca Lancones, cuyos sedimentos de granos muy finos fueron depositados dentro de un ambiente anóxico, creando en ella el tipo de kerógeno que la hace una potencial roca fuente para la generación de gas natural y petróleo (FIGURA V.2). Contiene un promedio de Carbón Orgánico Total Orgánico de 2 % (FIGURA V.3) consistiendo en el Tipo de kerógeno mixto II/III que está en madurez avanzada y aproximadamente 1.0 % de reflectancia de vitrinita (Ro). Esto corresponde a la base de ventana de petróleo/tope de ventana de gas; se espera que sea mas madura en el depocentro de la cuenca.



La Formación Huasimal (Cenomaniano) es otra potencial roca fuente que se pudo identificar por el análisis geoquímico que realizó PLUSPETROL en su pozo Abejas 1X en el intervalo 1103 a 1138 metros. De ella se obtuvo un Kerógeno amorfo con 1.45% en TOC y un índice de madurez basado en Reflectancia de Vitrinita de 1.2%, en ese intervalo se observó muestras de hidrocarburos de C1 a C5 del cromatógrafo de gas, por tanto esta roca madre podría surtir a los reservorios del Eoceno tardío como la Formación Verdun. En las muestras tomadas en los afloramientos del sector norte tienen la probabilidad de generar hidrocarburos, esto debido en que el porcentaje de TOC es moderado (*FIGURA V.3*) y el % de Ro incrementa hacia el depocentro de la cuenca (*FIGURA V.14*).



**FIGURA V. 2:** Grafico que muestra la relacion entre el Indice de Hidrógeno (HI) y el Indice de Oxígeno (OI) que nos sirve para determinar el tipo de kerogeno en el que nos encontramos (INFOLOGIC, 2006).



**FIGURA V. 3:** Muestra la estadística de Carbón Orgánico Total y la distribución de frecuencia según la edad de la generación (INFOLOGIC, 2006).

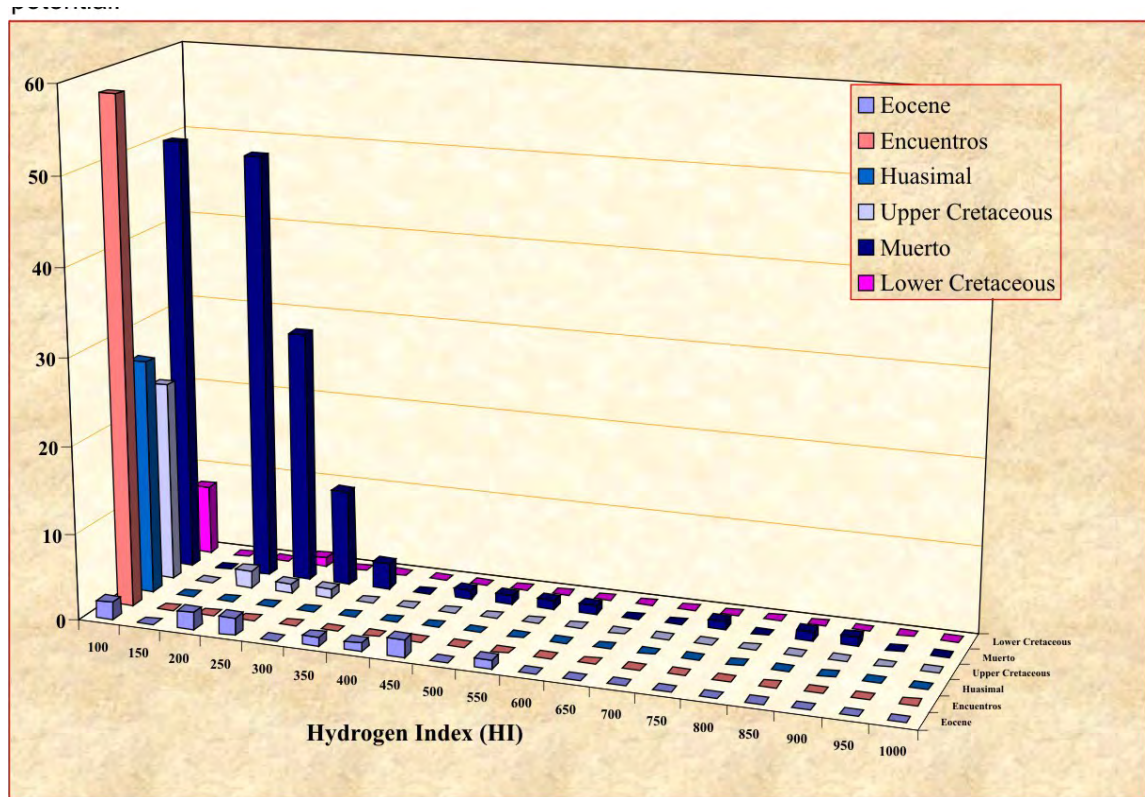
Aproximadamente 300 muestras de la Cuenca Lancones han sido analizadas por Rock Eval Pirólisis, más de la mitad son de la Formación Muerto (TABLA V.5)

	min HI	max HI	ave HI	stdev	%HI>250	n=	ave TMAX
Eocene	49	494	230	145.9	45.5	11	430
Encuentros	0	37	8	8.1	0.0	58	359
Huasimal	0	98	20	22.9	0.0	27	398
Upper Cretaceous	1	203	54	52.2	3.7	27	435
Muerto	4	810	143	118.9	14.1	149	453
Lower Cretaceous	0	159	27	50.1	0.0	9	371

**TABLA V. 5:** Muestra el HI de cada formación y el número de muestras que se tomaron de cada una (PLUSPETROL, 1999).

La Formación Muerto tiene un Índice de Hidrógeno (HI) de 143 mg/g, con valores hasta 810 mg/g. Los diagnósticos indican que la mayor parte de muestras contienen kerógeno del Tipo III que están en la madurez avanzada (TMAX 450°-460°) (FIGURA V.5) y son

principalmente potencial generador de gas. Sin embargo, el kerógeno original en la etapa inmadura era del Tipo II que es un probable generador de petróleo (*FIGURA V.4*). De ahí la Formación Muerto en la Cuenca Lancones ha generado tanto petróleo como gas, principalmente durante el Cretáceo medio a Superior (ver resultados de la modelización).



***FIGURA V. 4: Muestra la estadística de HI y la distribución de frecuencia según la edad de la generación (INFOLOGIC, 2006).***

Las pocas muestras del Eoceno con TOC elevado, tienen algún potencial de petróleo, con el promedio HI de 230 mg/g y valores hasta 494 mg/g. Sin embargo, ellos aparecen en gran parte inmaduros, evidenciado por la Rock Eval de 430°C (*FIGURA V.4*).



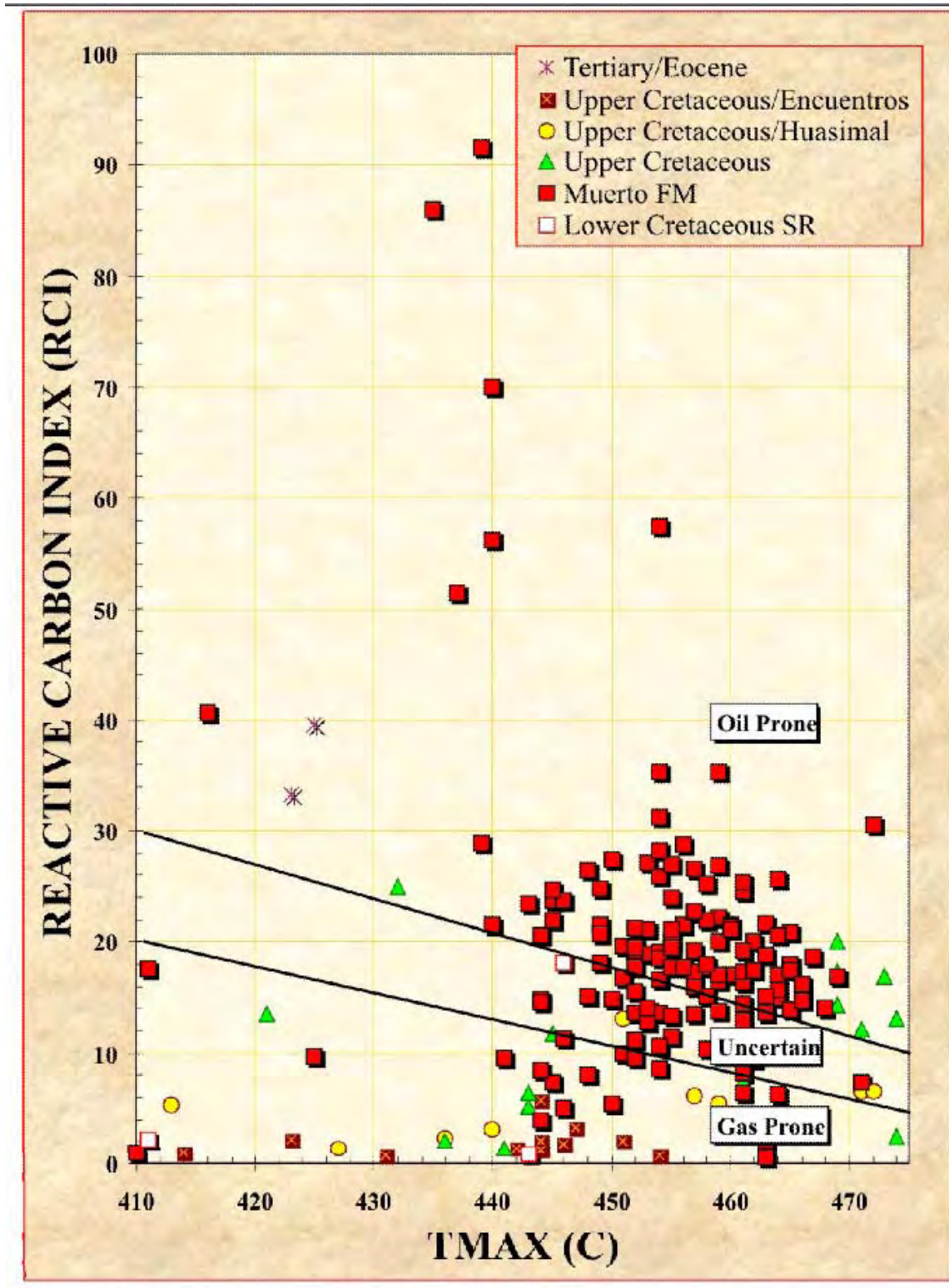


FIGURA V. 5: Grafico que muestra la temperatura de generación de hidrocarburos(INFOLOGIC, 2006).



### **5.3.2 ROCA RESERVORIO**

#### **5.3.2.1 PALEOZOICO**

El Grupo Amotapes (Carbonífero-Pérmico) aflora en la parte occidental de la cuenca Lancones, el cual presenta cuarcitas fracturadas que pueden ser reservorios al igual que en la cuenca vecina de Talara, donde se ha probado que son reservorios productivos como en los yacimientos de Portachuelo y Laguna y recientemente el complejo de yacimientos San Pedro en el mar. Por eso es una de las formaciones más llamativas a perforar.

#### **5.3.2.2 MESOZOICO**

Dentro de la Formación Jahuay Negro (Cenomaniano-Turoniano) altamente fracturada se tiene medida una porosidad de 12% (Informe Final PLUSPETROL, 2002). Sus rocas son areniscas líticas arcósicas y masivas.

En el Cenomaniano también se tiene el miembro superior de la Formación Huasimal (miembro del mismo nombre), que se presenta con más de 500 metros en afloramientos, algunas de areniscas de grano fino.

La Formación Gigantal (Aptiano) es una formación clave que consta de 50 a 100 metros de conglomerados, guijarros en una matriz arenosa, presumiblemente estaría relleno por la expulsión de la Formación Muerto.

#### **5.3.2.3 CENOZOICO**

La Formación Verdun del Eoceno tardío, consta con más de 300 metros principalmente completado de areniscas, con conglomerados basales en algunos lugares, que producen en la cuenca Sechura.

El pozo Abejas 1X encontró buena porosidad primaria en esta formación, que también se aprecia en los afloramientos.

### **5.3.3 ROCA SELLO**

Las unidades que sellan son secuencias gruesas múltiples de lutitas alojadas por encima a las rocas reservorios. La mayoría de las formaciones son secuencias reservorio y sello debido a que son capaces de almacenar y entrapar hidrocarburos. Por ejemplo se tiene a la Formación Chira sellando a la Formación Verdun.

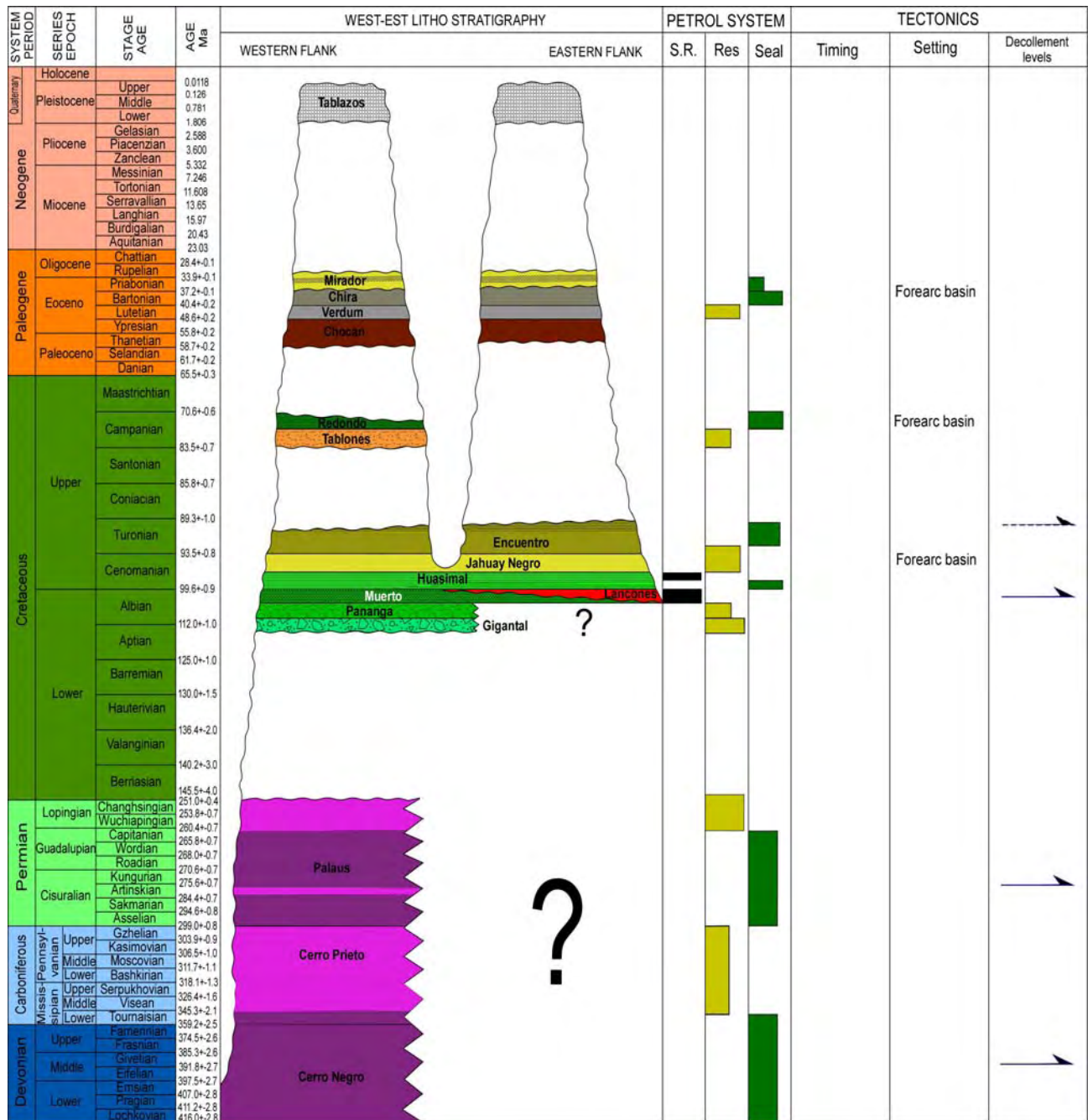
También tenemos a la Formación Encuentros suprayacente a la Formación Jahuay Negro. Del pozo Abejas 1X las pruebas de formación (MDT) y de cromatografía de gases, se llevaron a cabo durante la perforación y ayudaron a identificar los estratos sellos del Cretáceo tardío y del Eoceno tardío, todo esto al sur de la falla Huaypirá.

### **5.4 DIAGRAMA ESTRATIGRAFICO**

Este diagrama estratigráfico E-O (*FIGURA V.6*) es deducido del conocimiento geológico regional, de la interpretación de las secciones sísmicas y de nuestro trabajo de campo.

Permite visualizar la repartición de los reservorios y rocas madres, la ubicación de los despegues y la geometría de los cuerpos sedimentarios que pueden controlar el estilo de la deformación. Aparecen también los grandes eventos erosivos o/y de hiatus sedimentarios que constituyen eventos claves para caracterizar los sistemas petroleros y entender el tiempo de generación, expulsión y entrapamiento de hidrocarburos.

**NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA  
LANCONES**



**FIGURA V. 6: Diagrama Estratigráfico de las secuencias estratigráficas mostrando la relación con el sistema petrolero de la cuenca Lancones y el alcance de estos de oeste a este.**

## **5.5 MODELAMIENTO DE LA CUENCA LANCONES**

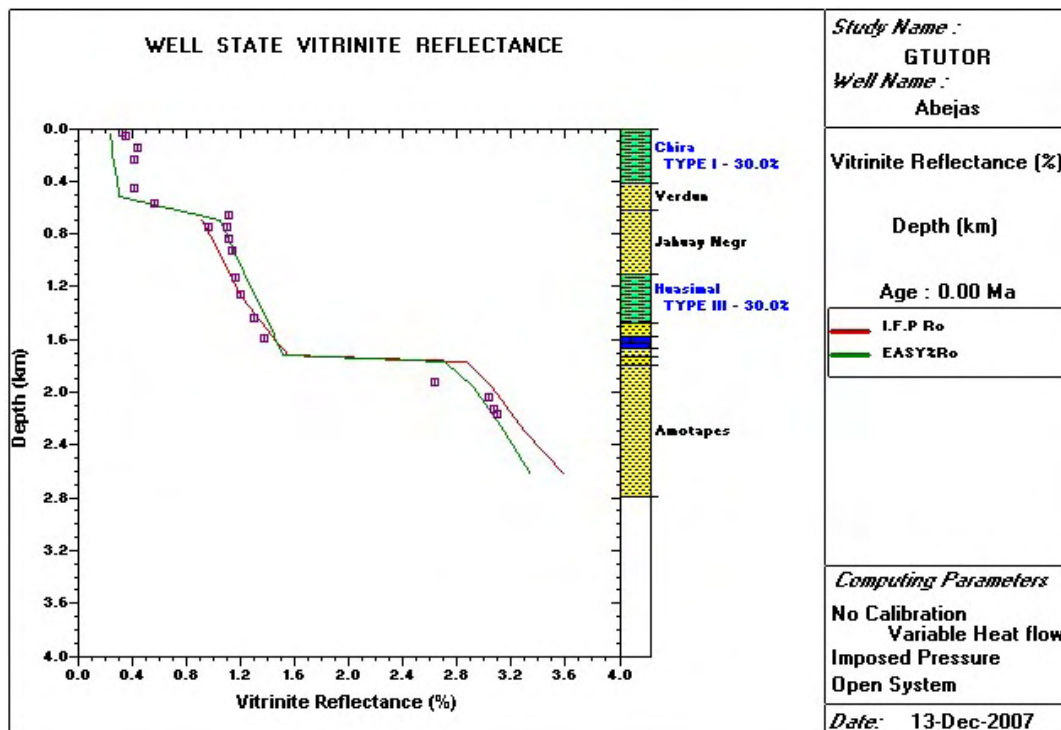
Se procedió con la modelización de la cuenca Lancones utilizando el programa de modelamiento de cuenca Genex (Beicip-Franlab); el cual simula la historia de la cuenca calibrada a partir de datos de madurez térmica.

La identificación de los espesores preservados y erosionados resultó ser un elemento clave para lograr una buena correspondencia entre la información de madurez Ro y los resultados del modelo.

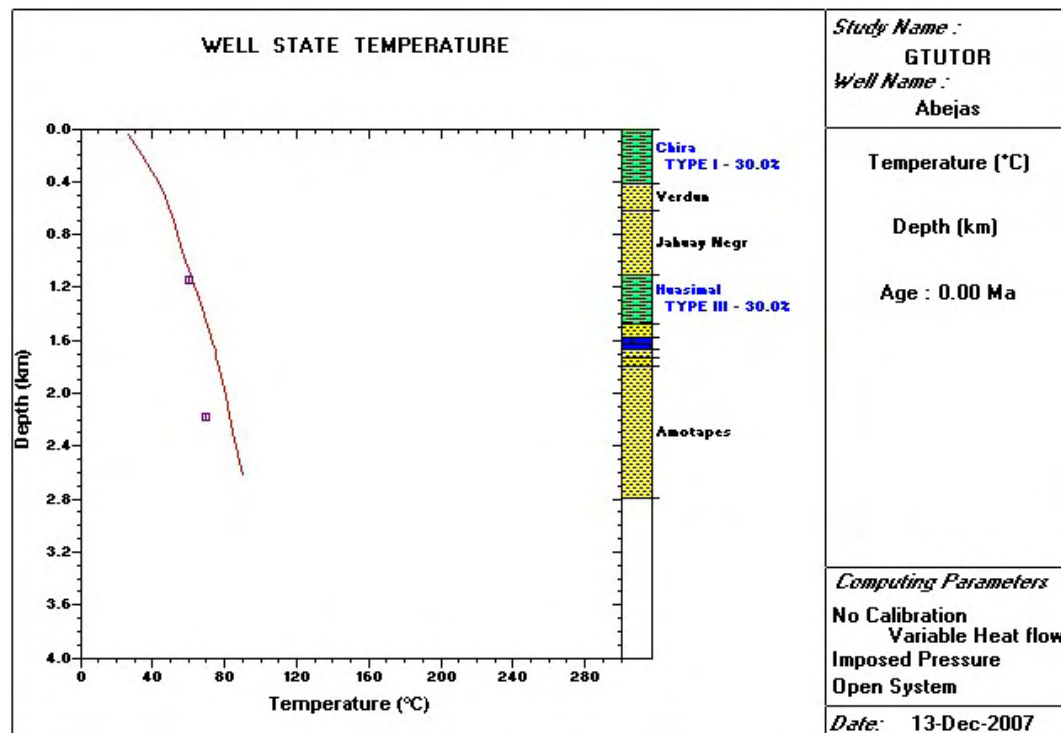
Para evaluar los procesos y tiempos de generación, migración de hidrocarburos e historia geodinámica de la cuenca Lancones se ha seleccionado el Pozo Abejas 1X, ya que los otros pozos que se encuentran en la cuenca fueron perforados en la década de 1920 siendo pocos profundos, cerca de 300 m..

### **5.5.1 CALIBRACION**

La calibración se basa en los valores de Ro (Tmax) (*FIGURAV.7*) y temperaturas de pozo (BHT) (*FIGURA V.8*), siendo los valores de BHT corregidos (corrección por temperatura del lodo de perforación). Estos mostraran el nivel de certeza de los resultados de la modelización y permitirán la aproximación del mismo.



**FIGURA V. 7:** Se observa los valores de reflectancia de vitrinita (Ro) “puntos morados” variando en relación con la profundidad.



**FIGURA V. 8:** Calibración con valores de BHT del pozo Abejas 1 X.



Los valores del flujo de calor (Heat Flow) que se utilizaron en la cuenca fueron diferenciados en tres etapas (*FIGURA V.9*). En la primera etapa que fue durante el Paleozoico se utilizó  $25.00 \text{ mW/m}^2$ ; en la segunda etapa que fue la principal, va del Cretáceo hasta el Eoceno donde la cuenca sufre un calentamiento generalizado por la intrusión de cuerpos calientes, generados por el arco volcánico que se encuentra en la parte oriental de la cuenca, con la depositación de la Formación Lancones por eso se le dió un valor de  $55.00 \text{ mW/m}^2$  y en la tercera que va del Eoceno hasta la actualidad se utilizó un valor de  $43.00 \text{ mW/m}^2$  debido a su cercanía en algunas zonas con la Formación Lancones.

También se utilizó los datos de las columnas estratigráficas de afloramientos y de pozos que registran la evolución geodinámica, para el llenado de los datos que necesita el software. El pozo Abejas 1X es calibrado con valores de BHT obtenido de los registros de perforación, resultando una buena correlación, así como también con datos de Ro (*FIGURA V.10*).

**Genex 4.0.3 Well Data : ABEJAS1A**

**Thermal Data: Present Day and History Data**      **Reference Datum : BURIAL**

**Present Day Thermal Data for Calibration**

Surface Temperature:

☐ Heat flow  
☐ Geothermal Gradient  
☒ True Temperature  
☐ Corrected Temperature

**True Temperature**

	Depth (m)	Temperature [C]	Error [C]
1	1139.1	60.00	0.00
2	2173.0	70.00	0.00
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			

**Thermal History Data**

Surface Temperature:

☐ Constant Heat Flow  
☒ Variable Heat Flow

☐ Geothermal Gradient  
☐ Rifting Heat Flow

**Variable Heat Flow**

	Age (Ma)	Heat Flow [mW/m2]
1	40.00	25.00
2	145.00	55.00
3	360.00	43.00
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

**Exit**

**FIGURA V. 9: Datos de Heat Flow utilizados para modelar la cuenca.**

*NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA  
LANCONES*

Genex 4.0.3 Well Data : ABEJAS1A

Formations and Source Rocks      Reference Datum : BURIAL

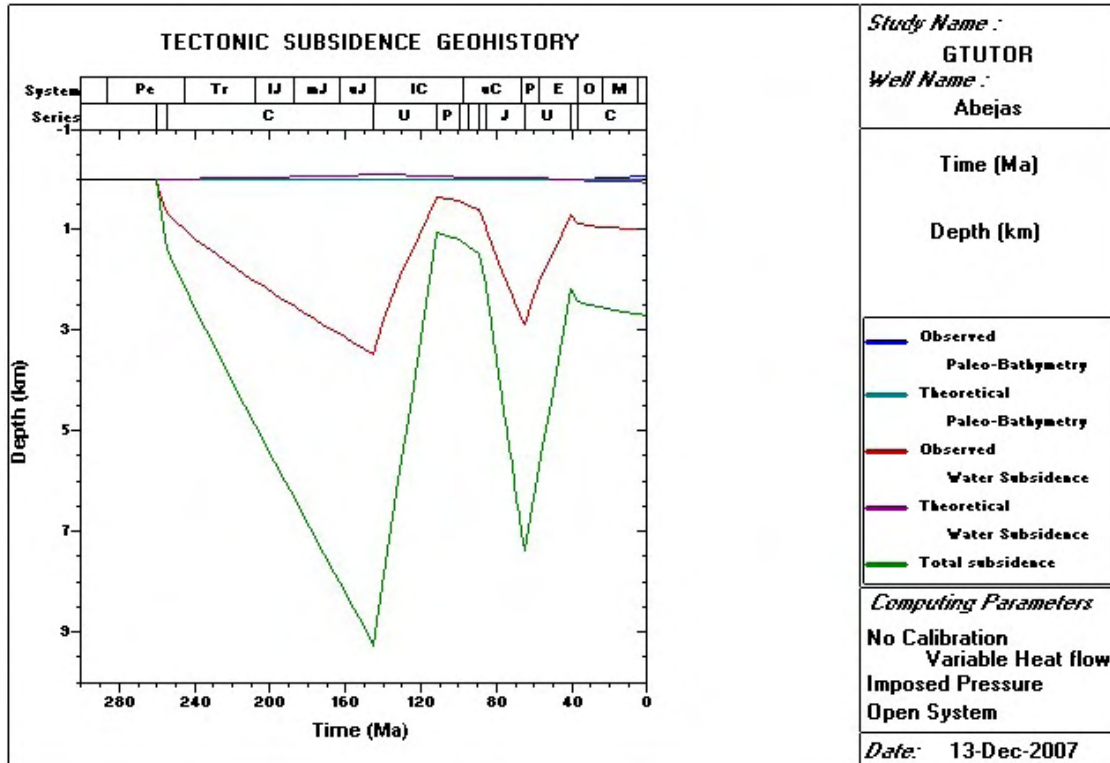
	Type U/M F	Formation Name	Age (Ma)	Depth (m)	Thickness Eroded Missing	Petro Physics Litho. / Meas.	Lithologies Composition (%) Measurements (Phi Law)	P B
1	F	Chira	37.20	410.0	410.0	Litho.	SHA:50 SAN:25 SIL:25	
2	F	Verdun	40.40	626.0	216.0	Litho.	SAN:63 SIL:35 SHA:2	
3	U	U2	65.00		-5200.0			
4	F	Jahuay Negr	85.80	1102.0	476.0	Litho.	SAN:80 SIL:10 SHA:10	
5	F	Huasimal	89.30	1477.5	375.5	Litho.	SHA:75 SAN:15 SIL:10	
6	F	Lancones	95.00	1574.5	97.0	Litho.	SANDSTONE:100	
7	F	Muerto	99.60	1663.0	88.5	Litho.	LIM:70 SHA:25 SIL:5	
8	F	Pananga-Gig	112.00	1736.0	73.0	Litho.	SAN:60 LIM:30 SHA:10	
9	U	U3	145.00		-8200.0			
10	F	Capas Rojas	255.00	1798.0	62.0	Litho.	SANDSTONE:100	
11	F	Amotapes	260.00	2798.0	1000.0	Litho.	SANDSTONE:100	
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								

Ins. Line    Del. Line    Exit

**FIGURA V. 10:** *Datos obtenidos del pozo Abejas IX utilizados para modelar la cuenca  
Lancones.*

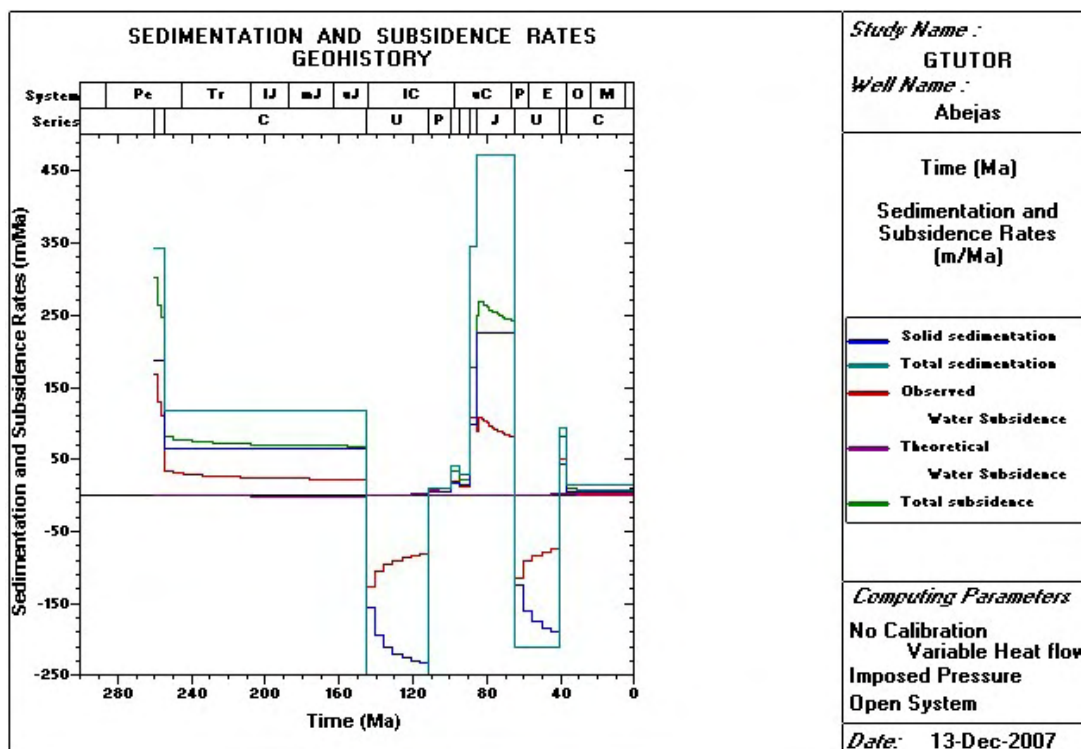
### 5.5.2 INTERPRETACION

De la modelización de la cuenca Lancones se pudo cuantificar los procesos subsidentes más importantes que afectaron a la cuenca Lancones, principalmente los del Cretáceo Superior al Paleógeno, del Cretáceo Inferior al Paleozoico (*FIGURA V.11*) y también se puede apreciar tres erosiones bien marcadas que afectaron del Paleozoico al Cretácico Inferior (Albiano), del Cretácico Superior al Paleoceno y del Eoceno a la Actualidad.



**FIGURA V. 11: Cuantificación de las tasas de subsidencia y de los procesos erosivos que afectaron la cuenca.**

La sedimentación del Paleógeno en un régimen de corto tiempo con una tasa de 100m/Ma no fue suficiente para que la Formación Chira genere hidrocarburos, pero si sirvió de sobrecarga para los sedimentos del Cretáceo, el cual tuvo un régimen de aproximadamente 450m/Ma en aproximadamente 20 Ma fué la que apoyó mayormente a la generación, expulsión y migración de los hidrocarburos desde la Formación Muerto y probablemente la Formación Huasimal (FIGURA V.12).

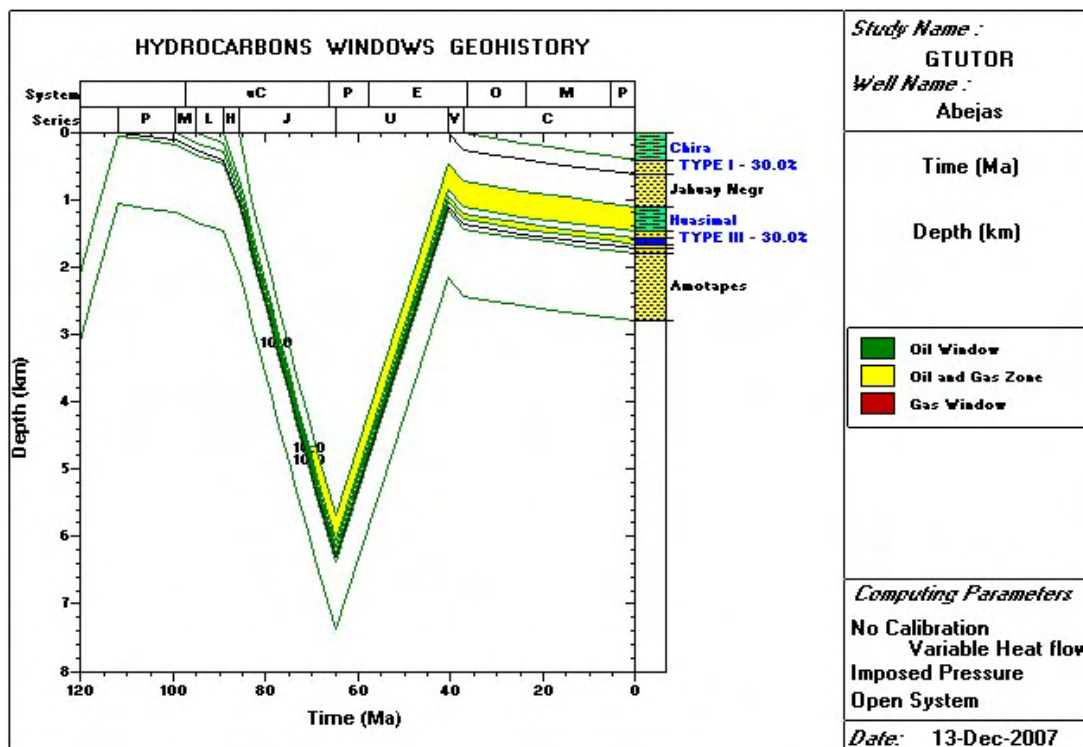


**FIGURA V. 12:** Grafico que nos indica la taza de sedimentación, subsidencia y erosión.

La Formación Muerto fue atravezada por el Pozo Abejas 1X donde tiene un promedio de 0.6% de TOC y valores de reflectancia de vitrinita de 1.2 a 1.3. Por tanto, la Formación Muerto entró en la ventana de generación de petróleo en el Cretáceo Superior (FIGURA V.13), y expulso durante el Paleógeno, actualmente se encuentra en la ventana de gas.

La Formación Huasimal en el pozo Abejas 1X (entre 1103-1138), también tiene buenas características de roca madre con 1.45% de TOC y 1.2% de Ro, obteniendo muestras de hidrocarburos de C1 a C5 del cromatógrafo de gas, actualmente tambien se encuentra en ventana de gas (FIGURA V.13).

La Formación Chira también tiene un valor promedio de 1% de TOC, pero un Ro menor de 0.6 lo cual indica que no ha alcanzado la madurez termal para generar hidrocarburos.

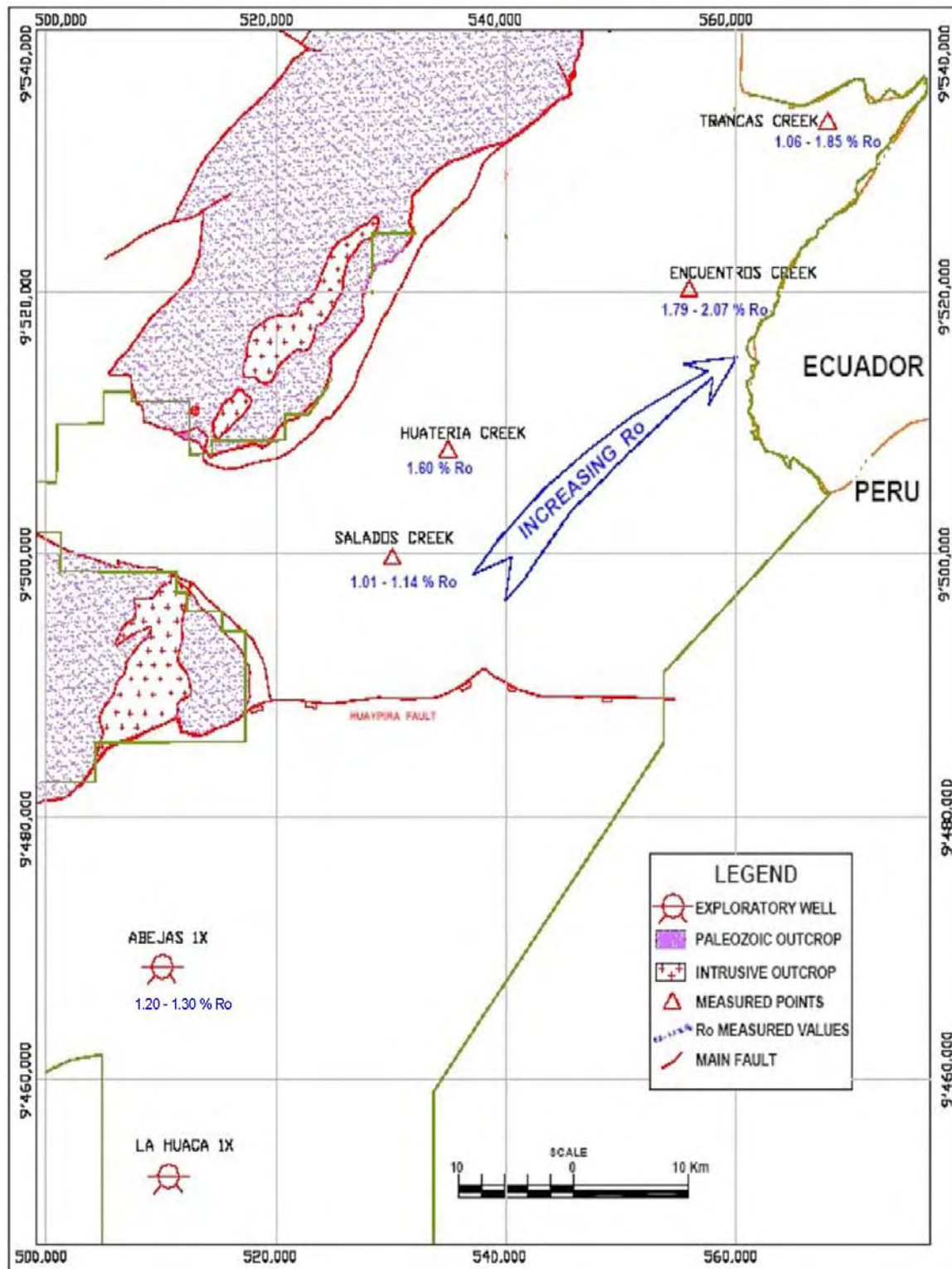


**FIGURA V. 13: Ventana de generación de HC, Formación Muerto y Formación Huasimal.**

Como se menciona anteriormente los parámetros geoquímicos tomados en el sector norte de la cuenca Lancones, realizados por PETROLEOS DEL PERU (1986) y PLUSPETROL (1999), en sus respectivas campañas de campo, se obtuvieron mejores valores de TOC de la formación Huasimal que en el sector sur, con un promedio de 2%, el rango del tipo de kerógeno mixto variando del Tipo II al Tipo III que esta en madurez avanzada, y la madurez termal basada en la Reflectancia de Vitrinita fue de 1% al 2%; esto corresponde a la base de ventana de petróleo/tope de la ventana de gas, se espera que la madurez avance hacia el depocentro de la cuenca (FIGURA V.14). También muestra buenos indicadores de generación, migración, entrapamiento de hidrocarburos, es por ello que la parte norte es un área potencial de exploración para hallar nuevas reservas de hidrocarburos; es más, los probables valores de expulsión de hidrocarburos serían mucho mayores a los de la parte sur de la cuenca.



NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA  
LANCONES

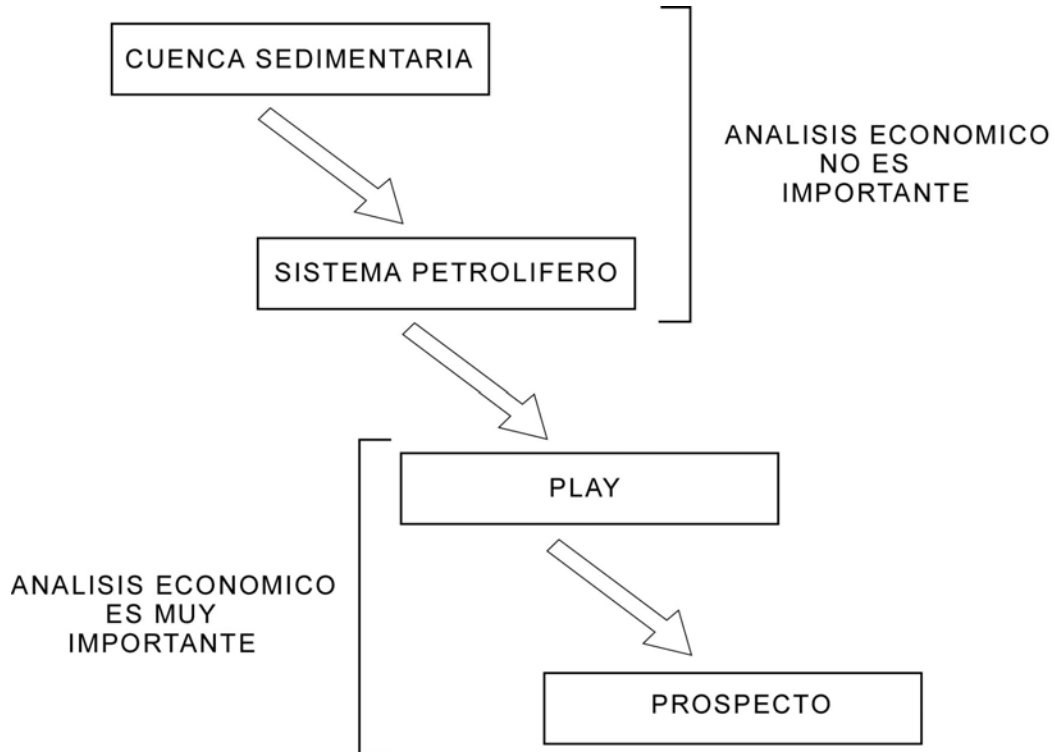


**FIGURA V. 14:** Gráfico en el que se muestra la madurez termal de la Formación Huasimal basada en la Reflectancia de Vitrinita la que aumenta hacia el depocentro de la cuenca.

## **5.6 PROPUESTAS DE PLAYS DE EXPLORACION EN LA CUENCA LANCONES**

El concepto de sistema petrolífero de acuerdo con Magoon y Dow (1994) es uno de los cuatro niveles de investigación en la exploración de petróleo. La exploración comienza en un área geográfica extensa con el estudio de la cuenca sedimentaria a nivel regional y el nivel de detalle aumenta a medida que se reduce el área de interés, hasta que al final del proceso exploratorio se estudia con máximo detalle un prospecto en un área muy reducida para perforar un pozo. La primera etapa o análisis de cuenca sedimentaria tiene por objeto estudiar las rocas sedimentarias. La segunda etapa del proceso exploratorio es el análisis del sistema petrolero en el cual se estudian las acumulaciones de petróleo comerciales y no comerciales descubiertas y los elementos y procesos que las originaron, e interesa conocer estos mecanismos en el tiempo en que se formaron las acumulaciones de petróleo.

Los sistemas petrolíferos pueden ser usados como un modelo efectivo para investigar y entender las acumulaciones descubiertas de petróleo. Más allá del análisis de cuencas y de sistemas petrolíferos, los restantes niveles de investigación en la exploración de petróleo son el análisis de “play” y prospectos (*FIGURA V.15*).



**FIGURA V. 15:** Cuadro en el que se muestra los niveles en la exploración petrolera.

El play es uno o más prospectos relacionados y un prospecto es una trampa potencial que debe ser evaluada para ver si contiene cantidades comerciales de petróleo. El play y el prospecto son conceptos usados por los exploracionistas para presentar una idea geológica que justifique la perforación de un pozo en busca de yacimientos no descubiertos de petróleo.

El análisis del sistema petrolífero investiga las acumulaciones descubiertas de petróleo, en tanto que el análisis del play investiga las posibles acumulaciones de petróleo no descubiertas. Un play complementario es aquel definido con base en el conocimiento de un sistema petrolífero. La presencia de roca almacenadora, roca sello, volumen de trampa, carga de hidrocarburos y sincronismo, se usan en la evaluación del play.

Un play existe donde exista evidencia de cada uno de estos elementos esenciales, en donde se sospecha pero no se ha descubierto aun la existencia de depósitos comerciales de petróleo derivado de un volumen particular de roca fuente activa. A medida que se van descubriendo

nuevos yacimientos de petróleo en el play complementario con el progreso de la exploración, se amplían los límites del sistema petrolero (Magoon, 1995).

En la cuenca Lancones se llega a definir tres sistemas petroleros. El primero con la roca generadora en las lutitas de la Formación Muerto y como roca reservorio están las cuarcitas fracturadas del Grupo Amotapes, el segundo, con roca generadora en la Formación Huasimal y las areniscas turbidíticas de la Formación Jahuay Negro como reservorio y la tercera también presenta a la Formación Huasimal como roca generadora y la roca reservorio sería las areniscas de la Formación Verdun que se encuentran en contacto erosional en el sector sur de la cuenca (*FIGURA V.16*).

Los prospectos o trampas estructurales potenciales en la cuenca Lancones se distribuyen de este a oeste, según el grado de importancia de estos. Asimismo, esta se divide en dos zonas de prospectos “play”, uno al norte de la cuenca y el otro al sur de la misma.

En la primera zona o “play” ubicado en el sector norte, presenta una serie de estructuras que están compuestas de trampas estructurales de tipo anticlinal de orientación NE-SW. Todas estas estructuras son posibles prospectos debido a que presenta todos los elementos necesarios del sistema petrolero.

En la zona sur también se presenta estructuras de tipo anticlinal pero estos se encuentran cubiertos por secuencias del Eoceno que sirven de sobrecarga a los sedimentos Cretácicos y a la vez, de roca reservorio y sello como las Formaciones Verdun y Chira respectivamente

NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA LANCONES

PALEOZOIC				CRETACEOUS								TERTIARY				Q		TIME	EVENTS
LOW		UPPER		LOWER		UPPER						PALEOG		NEOG					
DEVON	CARBONIF	PERM	APT	ALBIAN	CENOM	TUR	CAMPAN	PAL	EOCENO	MIO	PLIO	PLE	HOL						
C N	CH P	C PR	PAL	GIG	PAN	MUE	HUA	J N	ENC	TAB	RED	CH	VER	CHI			UNIT		
																SOURCE ROCK			
																RESERVOIR			
																SEALS			
																OVERBURDEN			
																TRAP FORMATION			
																GENERATION/MIGRATION ACCUMULATION			

**FIGURA V. 16:** Cuadro en el que se aprecia los elementos y procesos de los sistemas petroleros en la cuenca Lancones, realizados a partir de la modelización del pozo Abejas 1X, de los datos de campo y de informes anteriores de la zona.



## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **6.1 CONCLUSIONES**

La cuenca Lancones presenta una evolución tectónica compresiva, citada por algunos autores, contribuyendo a este estudio que esta ligada a un sistema de corrimientos con orientación este-oeste. Esta deformación se propaga en los sedimentos paleozoicos con despegue basal en el contacto con el basamento. La teoría de tectónica extensiva propuesta por otros autores sobre esta cuenca a sido superada, ya que las fallas normales presentes en superficie se dan por deslizamientos o gravedad en la parte frontal de las estructuras compresivas.

La cadena montañosa de los Amotapes no es más que un frente de corrimiento, esto se pudo saber gracias a la interpretación de secciones sísmicas proximas a estas montañas. Así como el llamado alto de Tamarindo ha sido superada por la de un frente de corrimiento.

También se aprecian pliegues cretácicos por propagación de fallas que afloran en la parte norte de la cuenca y en la parte sur se encuentran cubiertos por sedimentos terciarios en discordancia angular. Estos pliegues son buenas trampas para el almacenamiento de hidrocarburos.

Existen tres posibles sistemas petroleros, el primero formado por las lutitas de la Formación Muerto como roca generadora y el Grupo Amotape como rocas reservorios debido a que se encuentran fuertemente fracturadas. La segunda son las lutitas de la Formación Huasimal como roca generadora y las areniscas turbidíticas de la Formación Jahuay Negro como roca reservorio. Y una tercera que involucra también a las lutitas generadoras de la Formación Huasimal pero con las areniscas de la Formación Verdun como roca reservorio.

La Formación Huasimal anteriormente no se consideraba como roca generadora, a partir de la perforación del pozo Abejas 1X se obtuvo un kerógeno amorfo con 1.45 en TOC y un índice de madurez basado en reflectancia de vitrinita de 1.2%, en ese intervalo se observo muestras de hidrocarburos de C1 a C5 del cromatógrafo de gas.

La cuenca se dividió en dos grupos de prospectos, el primero ubicado en la parte norte de la cuenca en donde se han delimitado 5 estructuras propicias para la exploración por

hidrocarburos, con un promedio de 2% de TOC, del cual se esperaría gas seco o gas y condensados. La segunda se encuentra en la parte sur de la cuenca en donde se tiene generación, expulsión y entrapamiento de hidrocarburos, todo esto deducido por el análisis de soterramiento de la cuenca y con shows de gas y trazas de petróleo evidenciado por la prueba MDT del pozo Abejas 1X.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

Realizar trabajos de campo, teniendo como objetivo el mapeo de las formaciones cretácicas en la parte norte de la cuenca, ya que representan el principal sistema petrolífero propuesto en este estudio.

También se debe realizar trabajos de exploración geoquímica y geofísica en la parte norte de la cuenca para poder construir secciones estructurales y así poder relacionarla con la otra parte de la cuenca que cuenta con bastante información.

Realizar la perforación de pozos exploratorios en la parte norte de la cuenca para poder hacer una modelización en esta parte de la cuenca y poder comprobar nuestros posibles sistemas petroleros.

## **CAPITULO VI**

### **BIBLIOGRAFÍA**

**BPZ ENERGY, 2004:** *“INFORME ANUAL DE PROGRESO CONVENIO DE EVALUACION TECNICA. AREA VI CUENCA LANCONES”.*

**BPZ ENERGY, 2005:** *“FINAL TEA REPORT OF VI AREA IN LANCONES BASIN”, 61 pp.*

**CALDAS JULIO & FARFAN CESAR, 1997:** *“TECTONISMO Y SEDIMENTACIÓN EN LA CUENCA LANCONES”, 249-253 pp.*

**CHUNG JUAN Y VALENCIA KIKO, 2002:** *“INTERPRETACION ESTRUCTURAL DE LA CUENCA LANCONES UTILIZANDO LA DESCONVOLUCION DE EULER SOBRE DATOS GRAVIMETRICOS DE TIERRA”, PLUSPETROL PERU CORPORATION S.A, 10 pp.*

**CUADRA FRANCISCO Y GUEVARA HECTOR, 1987:** *“EVALUACION GEOFISICA DE LA CUENCA LANCONES NOROESTE DEL PERU”, REPORTE INTERNO DE PETROLEOS DEL PERU.*

**GIL OSCAR Y LARA JOSE, 1985:** *“INFORME DE LEVANTAMIENTO GRAVIMETRICO. AREA LANCONES”, REORTE INTERNO DE PETROLEOS DEL PERU, 45 pp.*

**GIL WILLY, 2001:** *“EVOLUCION LATERAL DE LA DEFORMACIÓN DE UN FRENTE OROGENICO”, TESIS DE DOCTORADO DE LA UNIVERSIDAD PAUL SABATIER TOULOUSE III, 137 pp.*

**MAGOON L. & DOW W., 1994:** *“THE PETROLEUM SYSTEM-from Source to Trap”, AAPG Memoria 60. pp 73-120, 159-189.*

**MAGOON L. AND BEAUMONT E., 1994:** *“THE PETROLEUM SYSTEM”. EN: BEAUMONT E., AND FOSTER N., 1999, EXPLORING FOR OIL AND GAS TRAPS: AAPG TREATISE OF PETROLEUM GEOLOGY, pp. 33.*



**MEGARD F., 1979:** *“ESTUDIO GEOLOGICO DE LOS ANDES DEL PERU CENTRAL”*. INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO. BOL. N°8, SERI D, ESTUDIOS ESPECIALES.

**NOBLET C., LAVENU A. Y MAROCCO R., 1996:** *“CONCEP OF CONTINUUM AS APPOSED TO PERIODIC TECTONISM IN THE ANDES TECTONOPHYSISCS”*, 249-253 pp.

**INFOLOGIC, 2006:** *“PETROLEUM SYSTEMS OF THE LANCONES BASIN” (FINAL REPORT)*.

**JAILLARD ETIENNE, LAUBACHER GERARD, BENGSTSON PETER, DHONDT ANNIE Y BULOT LUC, 1999:** *“STRATIGRAPHY AND EVOLUTION OF THE CRETACEOUS FOREARC CELICA-LANCONES BASIN OF SOUTHWESTERN ECUADOR”*, ORSTOM, 51-69 pp.

**JAILLARD ETIENNE, ETHIEN RAYNALD, LAPOERRE HENRIETTE, REYNAUD CEDRIC Y MAMBERTI MARC, 1996:** *“EVOLUTION OF THE CRETACEOUS CELICA-LANCONES FOREARC BASIN (NW PERU-SW ECUADOR)”*, 323-326 pp.

**JAILLARD ETIENNE, BERRONES GERARDO, ORDOÑEZ MARTA, BENGTON, BENITEZ STALIN, JIMENEZ NELSON Y ZAMBRANO ITALO, 1993:** *“STRATIGRAPHY OF THE CELICA-LANCONES BASIN”*, ORSTOM, 283-286 pp.

**JORDAN T., ISACKS B., ALLMENDINGER R., 1983:** *“ANDEAN TECTONICS RELATED TO GEOMETRY OF SUBDUCTED NAZCA PLATE”*, GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA BULLETIN, pp. 341-361.

**PALACIOS OSCAR, 1994:** *“GEOLOGÍA DE LOS GUADRANGULOS DE PAITA, PIURA, TALARA, SULLANA, LOBITOS, QDA. SECA, ZORRITOS, TUMBES Y ZARUMILLA. Boletín INGEMMET N°54, Serie A.*

**PETERS K., ROSE M., 1994:** *“APPLIED SOURCE ROCK GEOMETRY”*. EN: MAGOON & DOW, *“THE PETROLEUM SYSTEM-FROM SOURCE TO TRAP” AAPG MEMOIR 60*, pp. 93-120.

**REYES LUIS & VARGAS LUIS, 1987:** *“EVALUACION GEOLOGICA Y POTENCIAL PETROLIFERO. CUENCA LANCONES”*, REPORTE INTERNO DE PETROLEOS DEL PERU, 138 pp.

**REYES LUIS, 1986:** *“EVALUACION GEOLOGICA DE LA CUENCA LANCONES (RESUMEN)”*, REPORTE INTERNO DE PETROLEOS DEL PERU, 22 pp., 9 láminas.

**REYES LUIS & VERGARA J., 1987:** *“CUENCA LANCONES, SECCIONES ESTRATIGRAFICAS”*., REPORTE INTERNO DE PETROLEOS DEL PERU, 113 pp, 15 láminas.

**PLUSPETROL PERU CORPORATION S.A., 2000:** *“INFORME FINAL, PRIMER PERIODO DE EXPLORACION, LOTE XII. CUENCA LANCONES”*

**PLUSPETROL PERU CORPORATION S.A., 2002:** *“INFORME FINAL, SEGUNDO PERIODO EXPLORATORIO LOTE XII-CUENCA LANCONES Y ANEXOS”*, 44 pp.

**PLUSPETROL PERU CORPORATION S.A., 2002:** *“ABEJAS IX FINAL WELL REPORT”*, 69 pp.

**QUINTO JUAN CARLOS, 2007:** *“ARQUITECTURA ESTRUCTURAL Y ETAPAS DE DEFORMACIÓN DE LAS CUENCAS TALARA Y LANCONES Y SUS IMPLICANCIAS PETROLÍFERAS”*, TESIS DE INGENIERO DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN MARCOS, 143 pp.

**SEMPERE T., 1989:** *“PALEOZOIC EVOLUTION OF THE CENTRAL ANDES (10°-26°S)”*, INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, p.73

**SOTO JAVIER Y VALENCIA KIKO, 2002:** *“ANALISIS DINAMICO DE DATOS APLICADOS EN EL ESTUDIO DE LA CUENCA LANCONES-NOROESTE DEL PERU”, PLUSPETROL PERU CORPORATION S.A, 17 pp., 5 láminas.*

**VARGAS JOSE, 1970:** *“EVALUACION GEOLOGICA DEL AREA LANCONES”, REPORTE INTERNO DE PETROLEOS DEL PERU. 10 pp, 5 láminas.*

**VARGAS JOSE, 1980:** *“AREAS PROSPECTABLES. CUENCA LANCONES. NOROESTE PERUANO”, REPORTE INTERNO DE PETROLEOS DEL PERU, 19 pp, 4 láminas.*

**PAGINAS WEB:**

**NASA, 2006:** *Sitio web con información de imágenes satelitales en las 7 bandas espectrales, de uso libre. Presenta una resolución de 30 a 15m. Así como también DEM (modelos digitales de elevación) con resolución de 90m por píxel.*

<http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>

**NASA, 2006:** *Sitio web de descarga de imágenes satelitales en formato SID, con tres bandas espectrales, presenta una resolución de 30 m por píxel, en falso color.*

<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl>

**UWGB (University of Wiconsin):** *Sitio Web de la Universidad de Wisconsin con información del curso de geología estructural, gráficos y ejemplos didácticos, en este caso ilustra el método de Kink, utilizado para la construcción de pliegues geométricos.*

<http://www.uwgb.edu/dutchs/STRUCTGE/SLI62KinkMethod.HTM>

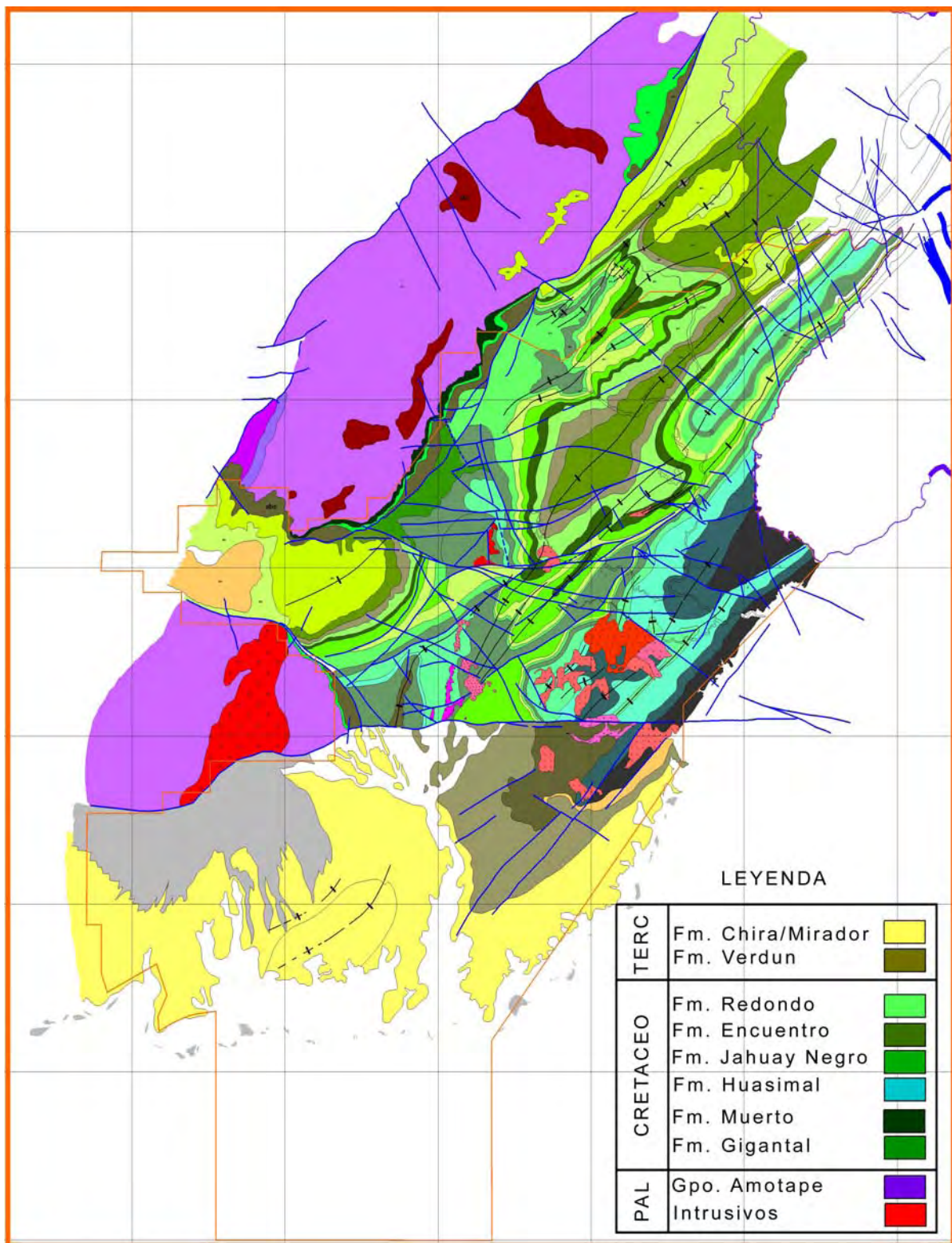
## **CAPITULO VII**

### **ANEXOS**

En este capítulo, mostraremos información que no ha sido agregada en los capítulos anteriores. El cual es producto de la investigación bibliográfica realizada en el banco de datos de PERUPETRO y consta de: mapas, secciones, datos de campo, etc.

Esta información ha sido importante para armar las diferentes secciones estructurales y estratigráfica de nuestra cuenca, así como para describir los posibles sistemas petroleros y el modelamiento de la cuenca.

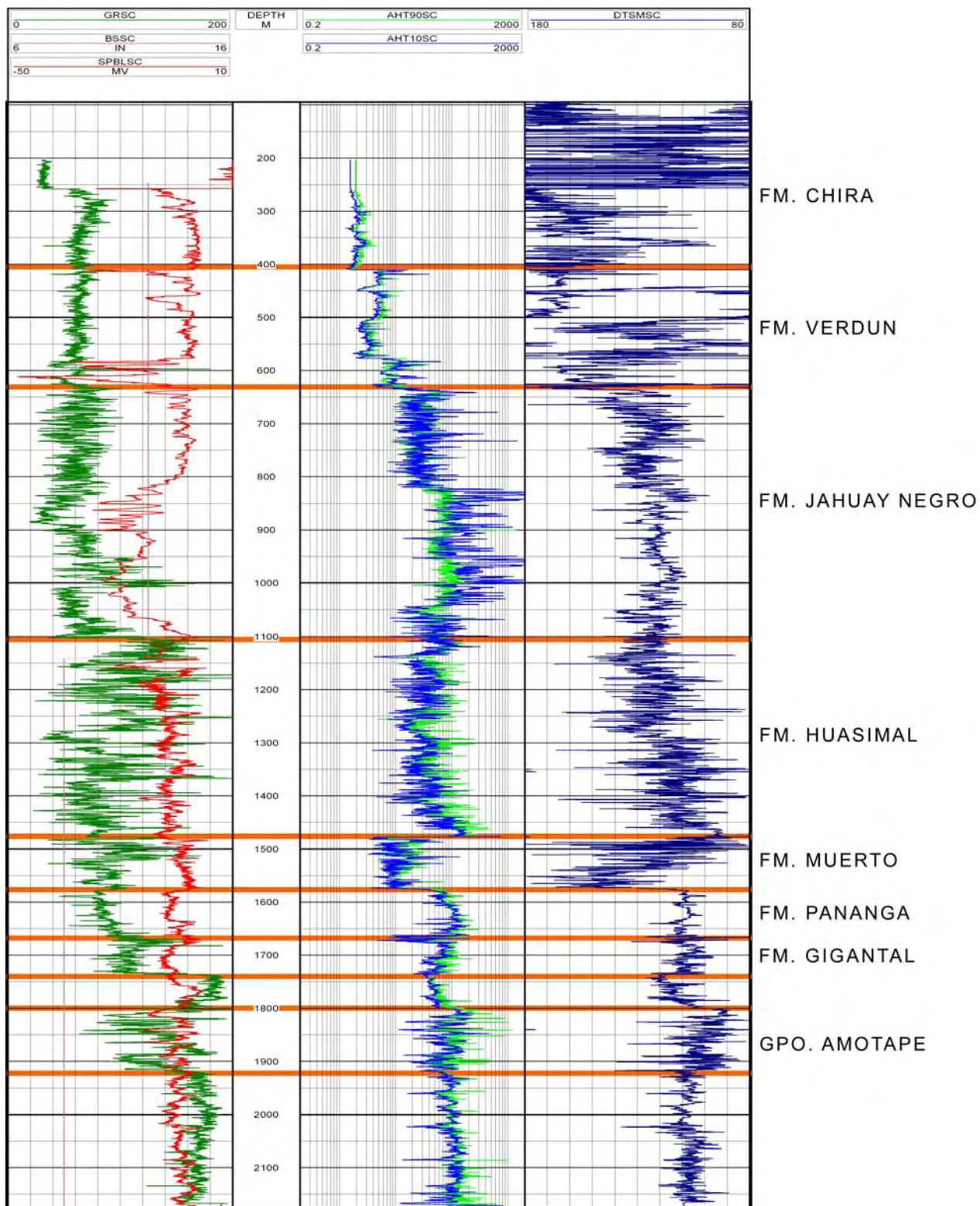
*NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA  
LANCONES*



**FIGURA VII. 1: Mapa geológico realizado por PLUSPETROL, 2002.**



*NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA  
LANCONES*



**FIGURA VII. 2:** Perfil del pozo Abejas 1X en el que se aprecia las unidades estratigráficas  
atravesadas.

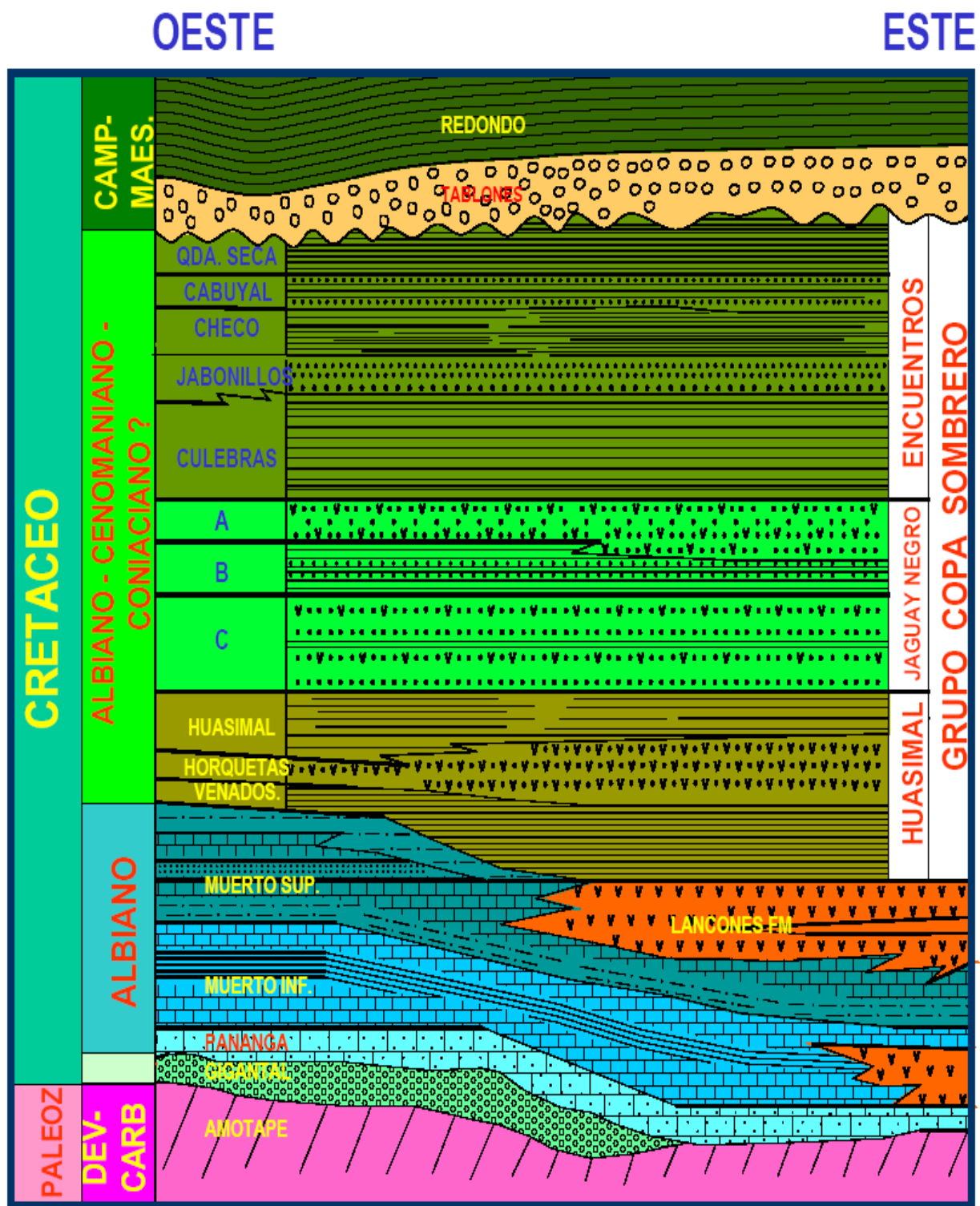
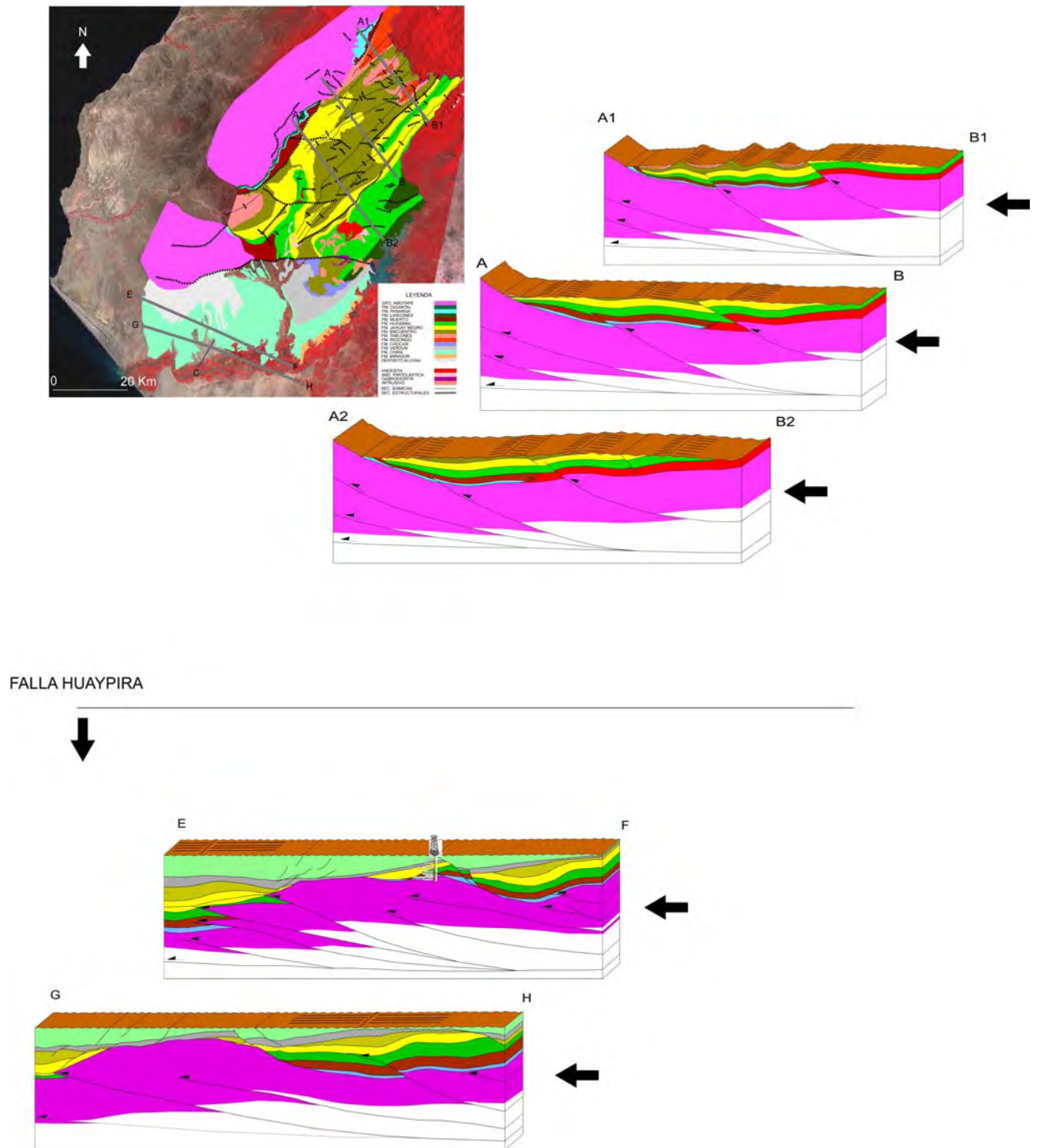


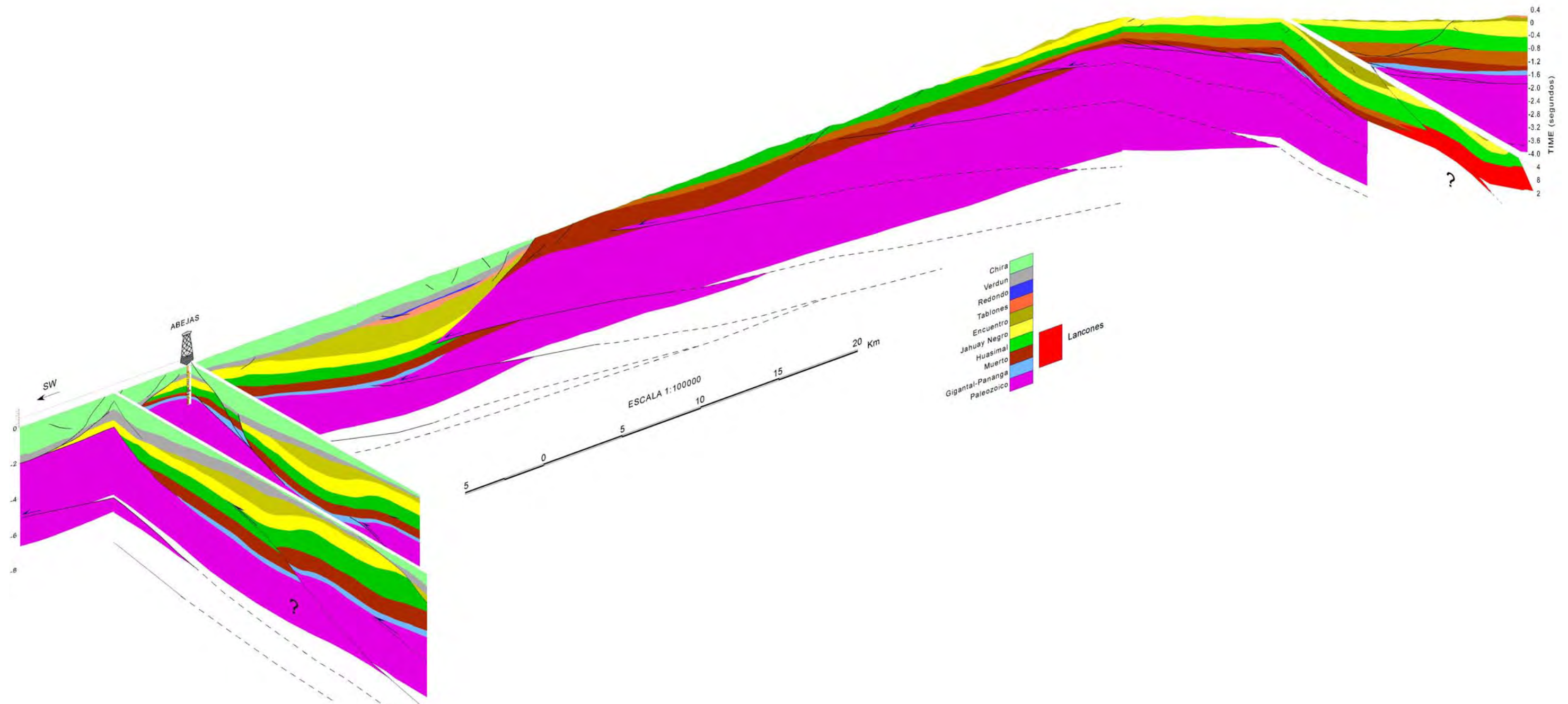
FIGURA VII. 3: Cuadro Estratigrafico realizado por PLUSPETROL, 2002.

*NUEVO ESTILO ESTRUCTURAL Y POSIBLES SISTEMAS PETROLEROS DE LA CUENCA  
LANCONES*



**FIGURA VII. 4:** *Secciones Estructurales construidas a partir de secciones sísmicas (A-B, E-F y G-H) y datos estructurales (A1-B1 y A2 y B2), en las que se puede apreciar los corrimientos originados durante la Tectónica Compresiva Andina (Cretáceo) que originaron todas las cuencas antearco en el Perú.*





**FIGURA VII. 5:** Corte Estructural 3D de la Cuenca Lancones realizado a partir de la interpretación de las secciones sísmicas mencionadas en el CAPITULO IV.